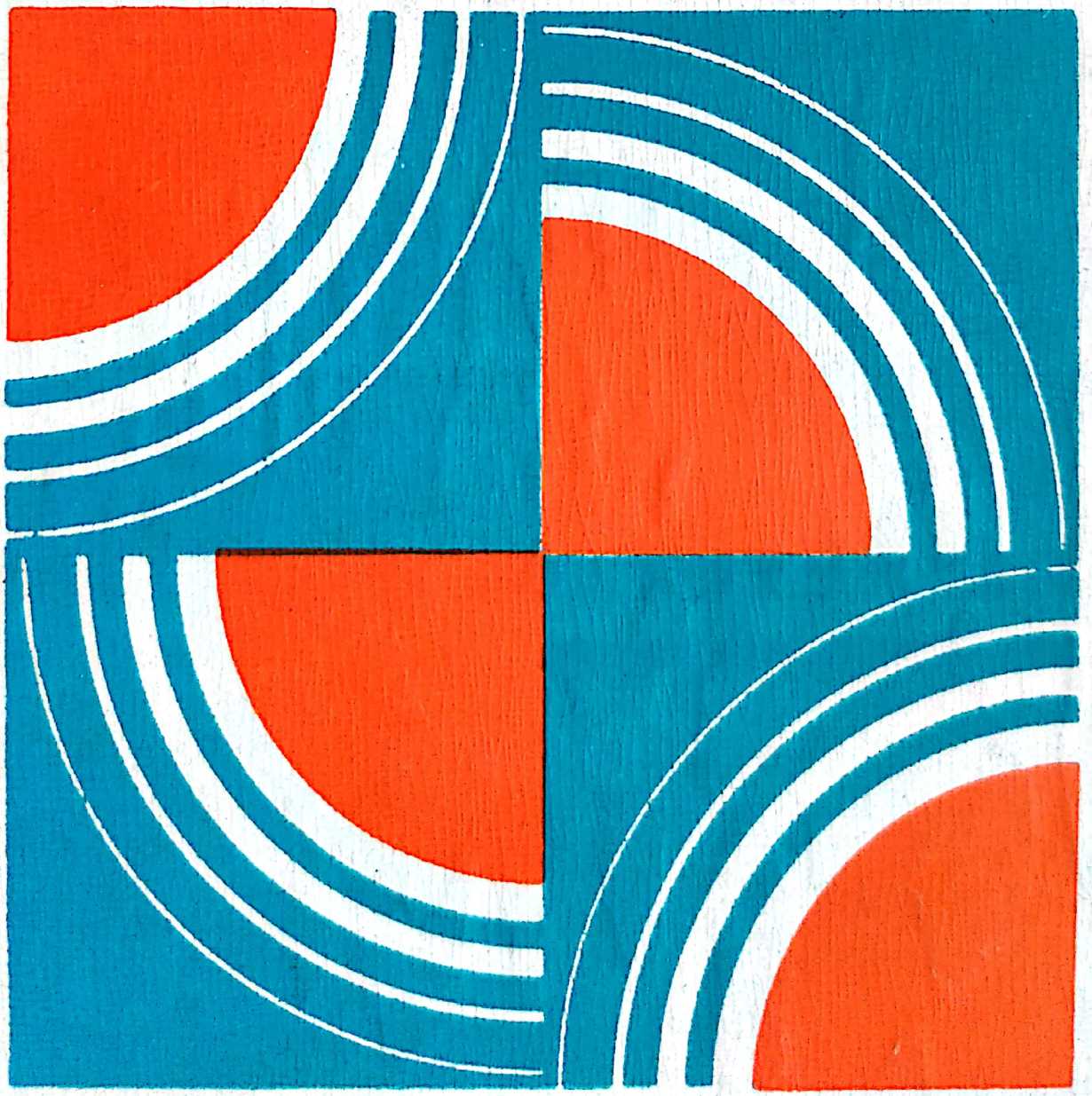
A. ALBU

AL. VAIDA
TR. AURITE
M. CREȚU
E. CONSTANTIN

L. DEACU
L. MORAR
I. POP
S. VELICU

EXPLOATAREA MAȘINILOR-UNELTE



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI, 1983

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÂNTULUI

Prof. dr. ing. A. ALBU

Prof. dr. ing. AL. VAIDA
Șef lucr. dr. ing. TR. AURITE
Șef lucr. dr. ing. M. CREȚU
Conf. dr. ing. E. CONSTANTIN

Prof. dr. ing. L. DEACU
Șef lucr. dr. ing. L. MORAR
Șef lucr. dr. ing. I. POP
Conf. dr. ing. S. VELICU

EXPLOATAREA MAȘINILOR-UNELTE

— pentru subingineri —

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI

Scanned with OKEN Scanner

Manuscrisul lucrării a fost analizat și aprobat de colectivul Catedrei de mașini-unelte, Consiliul profesoral al Facultății de T.C.M., Biroul Senatului Universității Brașov și colectivul Catedrei de T.C.M., Consiliul profesoral al Facultății de mecanică, Biroul Senatului Institutului politehnic Cluj-Napoca.

Lucrarea a fost elaborată după cum urmează:
Prof. dr. ing. **Andrei Albu**: cap. 1, 3.2.3.2, 2, 3.3, 4.1, 4.2.1 12.1 și coordonarea lucrării;
Prof. dr. ing. **Alexandru Vaida**: cap. 5;
Prof. dr. ing. **Liviu Deacu**: cap. 3.4, 3.5;
Șef lucr. dr. ing. **Traian Aurite**: cap. 2, 3.1, 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3.1;
Șef lucr. dr. ing. **Mircea Crețu**: cap. 7, 9, 13, 14;
Conf. dr. ing. **Eugen Constantin**: cap. 6, 8, 10;
Șef lucr. dr. ing. **Liviu Morar**: cap. 4.2, 4.3, 4.2.3, 4.4, 6.1.3, 7.3.2., 12.2;
Șef lucr. dr. ing. **Ioan Pop**: cap. 3.4, 3.5;
Conf. dr. ing. **Spiru Velicu**: cap. 11.

Redactor: ing. **IRINA TRIF**
Tehnoredactor: **LILIANA ANTONIU**
Grafician: **NICOLAE SÎRBU**

Scanned with OKEN Scanner

PREFAȚA

Noua linie de dezvoltare a învățămîntului superior, prin integrarea organică cu cercetarea și producția, obligă la aplicarea unor metode avansate de instruire a noilor cadre de specialiști, la elaborarea de materiale didactice care să permită asimilarea cunoștințelor în mod unitar și în concordanță cu aceste deziderate majore.

Lucrarea de față, rezultat al conlucrării unor cadre didactice din mai multe centre universitare, se constituie într-un curs unitar care slujește bunei pregătiri a studenților subingineri.

În prima parte a cursului se prezintă sub formă de analiză și sinteză aspectele generale de cinematică și de acționare a mașinilor-unelte, atît sub raport analitic cît și de reglare a parametrilor caracteristici, făcîndu-se cunoștință totodată cu principalele structuri cinematice și cu componentele mecanice, hidraulice și electrice ale acestora. De asemenea, se tratează sistemele de comandă și de conducere automată a mașinilor-unelte prin prisma dezvoltării gradului de automatizare și a exploatării raționale a mașinilor-unelte. O importanță sporită s-a acordat comenzii după program a mașinilor-unelte. În acest sens sînt tratate, cu exemple practice, metodele de programare a mașinilor-unelte cu comandă secvențială, cu comandă prin sisteme numerice cu programare manuală și cu programare asistată de calculator, inclusiv a aplicării comenzii adaptive, a conducerii computerizate, sisteme CNC și DNC.

În partea a doua a cursului se tratează analiza, reglarea și exploatarea principalelor grupe de mașini-unelte universale, semiautomate și automate, punîndu-se accentul pe mașini cu performanțe majore de calitate și productivitate, inclusiv mașinile-agregat și centrele de prelucrare.

Scanned with OKEN Scanner

În final, cursul prezintă în mod succint principalele idei referitoare la protecția mașinilor-unelte și exploatarea lor în condiții de siguranță, precum și aspecte referitoare la înlătur rea pericolelor de accidentare și protecția operatorului uman.

Cursul este destinat studenților din învățământul de subingineri, specialitatea Tehnologia construcției de mașini, *cursuri de zi și seral, însă se apreciază că este util și subinginerilor de profil mecanic, precum și tehnicienilor și inginerilor specializați în prelucrările pe mașini-unelte.*

Autorii

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

Prefață 3

PARTEA ÎNTÎI

CINEMATICA ȘI COMANDA MAȘINILOR-UNELTE

1. Introducere 9

1.1. Locul și rolul dezvoltării construcției de mașini-unelte, în dezvoltarea industrială a țării noastre 9
1.2. Principalele aspecte privind exploatarea mașinilor-unelte 10

2. Elemente ale generării suprafețelor pe mașinile-unelte 11

2.1. Piesa și suprafețele ei 11
2.2. Generarea teoretică a suprafețelor 12
2.3. Generarea suprafețelor reale. 15
2.4. Cinematica procesului de generare a suprafețelor pe mașinile-unelte 16

3. Elemente ale cinematicii mașinilor-unelte. Sisteme de acționare 19

3.1. Lanțul cinematic 19
3.1.1. Definire, clasificare, reprezentare 19
3.1.2. Caracteristicile lanțurilor cinematice 25
3.1.3. Constituirea cinematicii mașinilor-unelte 27
3.2. Lanțuri cinematice generatoare tehnologice 33
3.2.1. Lanțul cinematic principal 33
3.2.2. Lanțul cinematic de avans 40
3.2.3. Reglarea lanțurilor cinematice generatoare tehnologice 44
3.3. Lanțuri cinematice auxiliare 62
3.4. Sisteme de acționare hidrostatică, comanda și exploatarea lor 63
3.4.1. Considerații generale 63
3.4.2. Lichidele folosite în acționarea hidrostatică și proprietățile lor 74
3.4.3. Pompe și motoare de acționare 79
3.4.4. Aparataje de distribuție și de reglare, utilizate în circuitele hidrostatice ale mașinilor-unelte 85
3.4.5. Elementele auxiliare ale circuitelor hidrostatice, caracteristici funcționale și întreținerea lor 96
3.4.6. Variatori hidrostatici cu reglare continuă 102

Scanned with OKEN Scanner

3.5. Sisteme de acţionare electrică, comanda şi exploatarea acestora 104
3.5.1. Scheme electrice principiale de acţionare şi comandă 106
3.5.2. Motoare electrice de acţionare a maşinilor-unelte 115
3.5.3. Aparate pentru conectare şi comandă manuală 120
3.5.4. Aparate pentru telecomandă şi automatizări 122
3.5.5. Electromagneţi, cuplaje şi dispozitive de prindere electromagnetice . . 125
3.5.6. Aparate pentru protecţie 127

4. Sistemele de comandă şi de conducere automată a maşinilor-unelte, exploatarea lor 128

4.1. Sisteme cu elemente de comandă manuală 129
4.2. Comanda după program a maşinilor-unelte 132
4.2.1. Comanda prin sisteme de copiere 134
4.2.2. Comanda prin sisteme secvenţiale 138
4.2.3. Comanda prin sisteme numerice 146
4.3. Programarea manuală a maşinilor-unelte cu comandă numerică şi exploatarea lor 166
4.3.1. Programarea echipamentelor numerice de tipul punct cu punct şi prelucrare liniară 168
4.3.2. Programarea echipamentelor numerice de conturare 174
4.4. Consideraţii de bază privind conducerea automată numerică 185
4.4.1. Principiile comenzii adaptive a maşinilor-unelte *NC* 186
4.4.2. Conducerea computerizată a maşinilor-unelte *NC* — sisteme *CNC* . . . 189
4.4.3. Conducerea prin calculator a mai multor maşini-unelte *NC* — sistem *DNC* 193
4.4.4. Programarea asistată de calculator a maşinilor-unelte 196

PARTEA A DOUA

ANALIZA TEHNOLOGICĂ, CONSTRUCTIVĂ ŞI DE EXPLOATARE A MAŞINILOR-INELTE

5. Strunguri 203

5.1. Strungul longitudinal universal 203
5.1.1. Părţile componente principale şi cinematica strungurilor universale . . 203
5.1.2. Posibilităţile tehnologice ale strungurilor universale şi reglările specifice aferente 210
5.1.3. Accesoriile principale ale strungurilor universale 216
5.2. Strungurile revolver 220
5.2.1. Ansamblurile principale şi cinematica strungurilor revolver 220
5.2.2. Posibilităţile tehnologice, reglarea şi comanda strungurilor 223
5.3. Strungurile carusel 226
5.3.1. Ansamblurile principale şi cinematica strungurilor carusel 226
5.3.2. Posibilităţile tehnologice şi reglarea strungurilor carusel 227
5.4. Strunguri automatizate 229
5.4.1. Probleme generale şi clasificarea strungurilor automatizate 229
5.4.2. Strungul semiautomat monoax orizontal de copiat 230
5.4.3. Strungul semiautomat vertical multiaxe 232
5.4.4. Strungurile automate monoax 232

Scanned with OKEN Scanner

5.5. Strungul de detalonat 234
5.5.1. Funcţionarea, cinematica şi reglarea strungului de detalonat 234

6. Maşini de găurit, maşini de alezat şi frezat 236

6.1. Maşini de găurit 236
6.1.1. Generalităţi, clasificare 236
6.1.2. Părţile componente principale şi cinematica maşinilor de găurit . . 237
6.1.3. Maşini de găurit de înaltă productivitate 238
6.1.4. Maşini de găurit în coordonate 241
6.1.5. Programarea şi reglarea maşinii de găurit cu comandă numerică GPR-45 NC 243
6.2. Maşini de alezat şi frezat 247
6.2.1. Părţile componente principale şi cinematica maşinilor de alezat şi frezat 247
6.2.2. Posibilităţile tehnologice şi reglarea maşinilor de alezat şi frezat . . . 249

7. Maşini de frezat 251

7.1. Maşini de frezat universale 252
7.2. Maşini de frezat cu batiu vertical 255
7.2.1. Maşini de frezat cu batiu cu masă deplasabilă în două direcţii 256
7.2.2. Maşini de frezat longitudinal cu masă mobilă 258
7.3. Maşini de frezat cu masă circulară 261
7.4. Maşini de frezat cu comandă după program 261
7.4.1. Maşini de frezat prin copiere 262
7.4.2. Maşini de frezat prin conturare cu comandă numerică după program . 264

8. Maşini de rabotat, maşini de broşat 270

8.1. Maşini de rabotat. Posibilităţi tehnologice 270
8.1.1. Maşini de rabotat transversal, construcţia, cinematica şi reglarea lor . 272
8.1.2. Maşini de rabotat longitudinal, construcţia şi cinematica lor 274
8.1.3. Maşini de mortezat, construcţia şi cinematica lor 277
8.2. Maşini de broşat 279
8.2.1. Construcţia, cinematica şi tehnologia prelucrării 279

9. Maşini de rectificat 284

9.1. Maşini de rectificat plan 287
9.2. Maşini de rectificat rotund 291
9.2.1. Maşini de rectificat rotund exterior 291
9.2.2. Maşini de rectificat rotund interior 292
9.2.3. Maşini de rectificat rotund fără vîrfuri 294

10. Maşini pentru microfinisare 296

10.1. Maşini de honuit. Cinematica şi exploatarea tehnologică a lor 296
10.2. Maşini de vibronetezit. Cinematica şi exploatarea tehnologică a lor 298
10.3. Maşini de lepuit. Cinematica şi exploatarea tehnologică a lor 300

11. Maşini pentru prelucrarea danturii roţilor dinţate 302

11.1. Maşini pentru prelucrarea danturii roţilor cilindrice 302
11.1.1. Maşini pentru prelucrarea danturii roţilor cilindrice prin copiere . . 302
11.1.2. Maşini pentru prelucrarea danturii roţilor cilindrice prin rulare . . . 310
11.2. Maşini pentru prelucrarea danturii roţilor conice 334
11.2.1. Maşini pentru prelucrarea danturii roţilor conice prin copiere 335
11.2.2. Maşini pentru prelucrarea danturii roţilor conice prin rulare 339

Scanned with OKEN Scanner

12. Centre de prelucrare 345

12.1. Ansamblele principale şi cinematice centrelor de prelucrare. 347
12.2. Tehnologia programării numerice a centrelor de prelucrare 350

13. Maşini-unelte agregate şi linii automate. 352

13.1. Maşini-unelte agregate 353
13.1.1. Unităţi de lucru 356
13.1.2. Capete multiaxe 358
13.2. Linii automate 360

14. Protecţia maşinii-unelte şi a operatorului uman 362

14.1. Protecţia maşinii-unelte 362
14.2. Protecţia operatorului uman 364

Bibliografie 376

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA INTII

CINEMATICA ŞI COMANDA MAŞINILOR-UNELTE

1

INTRODUCERE

1.1. LOCUL ŞI ROLUL DEZVOLTĂRII CONSTRUCŢIEI DE MAŞINI-UNELTE ÎN DEZVOLTAREA INDUSTRIALĂ A ŢĂRII NOASTRE

Maşinile-unelte se definesc ca utilaje care, transformînd anumite feluri de energii în lucru mecanic şi aplicînd procedeul de prelucrare prin aşchiere, generează dintr-un semifabricat formele şi dimensiunile bine definite ale unor piese, în condiţii de productivitate şi calitate impuse.

Ca urmare a politicii ştiinţifice a P.C.R., industria construcţiei de maşini-unelte pe parcursul anilor a cunoscut cea mai rapidă dezvoltare, devenind pivotul central al întregii industrii constructoare de maşini din ţară.

Producţia de maşini-unelte a fost organizată la început în secţii speciale ale unor uzine constructoare de maşini existente la Braşov, Bucureşti, Cugir, Oradea etc., pentru ca apoi să fie construite întreprinderi noi, profilate pe producţia de maşini-unelte, în exclusivitate.

Dezvoltarea industriei constructoare de maşini s-a făcut într-un ritm accelerat astfel încît, simpla enumerare a construirii de noi întreprinderi (Intreprinderea de strunguri-Arad, Intreprinderea de maşini-unelte şi agregate-Bucureşti, Intreprinderea mecanică-Cugir, Intreprinderea „Înfrăţirea" Oradea, Intreprinderea de Strunguri automate-Tîrgovişte, Intreprinderea de maşini de rectificat Cluj-Napoca, Intreprinderea de maşini-unelte Bacău ş.a.) nu mai poate da o informaţie satisfăcătoare. Însă faptul că în prezent aceste întreprinderi acoperă aproape în totalitate prin producţia lor tipodimensiunile de maşini-unelte necesare economiei naţionale actuale şi de perspectivă şi că exportăm maşini-unelte într-un număr însemnat de ţări, dintre care unele puternic dezvoltate industrial, reflectă în mod convingător saltul cantitativ şi calitativ realizat de industria românească constructoare de maşini-unelte.

Concomitent cu industria constructoare de maşini-unelte şi în sprijinul acesteia s-au dezvoltat o serie de ramuri industriale, dintre care cea de electrotehnică, electronică — automatică şi tehnică de calcul prin produsele lor au dat un impuls hotărîtor ridicării calitative şi de competitivitate maşinilor-unelte produse la noi în ţară.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă la începutul dezvoltării construcției de mașini-unelte orientarea a fost către realizarea de mașini-unelte universale, în următorii ani s-a pus accentul pe producerea de mașini-unelte speciale, mașini agregate și linii tehnologice automate. În prezent, se fabrică în întreprinderile noastre specializate un număr însemnat de mașini-unelte cu comandă numerică după program (NC), agregate și linii automate, mașini specializate, inclusiv centre de prelucrare.

Activitatea de cercetare-proiectare, prototipuri de mașini-unelte este realizată în proporție majoră de Institutul de cercetări științifice și inginerie tehnologică „Titan" București și filialele sale din Cluj-Napoca, Oradea, Arad, Bacău, Sibiu etc.

De asemenea, la dezvoltarea construcției de mașini-unelte în țara noastră, un aport substanțial a adus un însemnat număr de cadre didactice din învățământul superior tehnic, prin creșterea de noi cadre de specialitate, prin crearea unor tradiții în școli de cercetare și publicații de lucrări în domeniul mașinilor-unelte, ca cele de la institutele politehnice din București, Cluj-Napoca, Brașov, Timișoara și Iași.

Succesele dobîndite de oamenii muncii din țara noastră, experiența acumulată de cercetători-proiectanți și constructori de mașini sînt chezășia realizării sarcinilor trasate de Directivele Congresului al XII-lea al Partidului Comunist Român care, printre altele, prevăd ca: „Producția de mașini-unelte pentru prelucrarea metalului se va dezvolta prin extinderea fabricației de mașini-unelte de mare capacitate și productivitate, a mașinilor-unelte specializate, a liniilor agregat. O atenție deosebită se va acorda realizării de noi tipuri de mașini-unelte care să încorporeze aparatură electronică de comandă și reglare fabricată în țară".

1.2. PRINCIPALELE ASPECTE PRIVIND EXPLOATAREA MAȘINILOR-UNELTE

Mașinile-unelte ca elemente principale în industria construcțiilor de mașini în realizarea unei producții de bunuri materiale, impun o atenție deosebită în privința condițiilor în care se realizează procesul tehnologic de prelucrare, exploatarea și întreținerea lor, știut fiind că defectarea bruscă a unei mașini-unelte în unele cazuri poate determina întreruperi și chiar pierderi importante în procesul de producție.

Exploatarea rațională a mașinilor-unelte a devenit o problemă de interes major pentru construcția modernă de mașini-unelte, mai ales prin prisma fiabilității și durabilității lor. Aceasta datorită folosirii unor regimuri de lucru tot mai intensive, măririi intensității de utilizare în timp a mașinilor-unelte, cerințelor referitoare la micșorarea gabaritului și greutății și mai ales celor referitoare la precizia de prelucrare obținută în decursul perioadei de exploatare.

În exploatarea mașinilor-unelte în primul rînd trebuie avute în vedere indicii de performanță ai mașinii, recflectate printr-o serie de valori tehnico-economici [6], dintre care pot fi amintite: Capacitatea de producție, care exprimă volumul de produse realizate în unitatea de timp, ținînd cont de regimul de lucru al mașinii și de timpii auxiliari proprii; Precizia de prelucrare, exprimată prin abaterea minimă ce se poate realiza sistematic în cadrul unei capacități de producție nominală, ea fiind influențată de rigiditatea statică și dinamică a mașinii; Rugozitatea minimă a suprafețe-

Scanned with OKEN Scanner

prelucrate, care se corelează cu precizia de prelucrare; Gradul de automatizare, care este un indicator modern, pentru care se urmăreşte o valoare maximă, evident în condiţii de eficienţă economică; Randamentul maşinii-unelte care este un indicator tot mai important, în legătură cu cerinţele de economie a energiei; Siguranţa în funcţionare sau fiabilitatea, se impune ca indicator important, reflectînd probabilitatea defectării maşinii-unelte, avînd în vedere complexitatea componentelor sale.

Avînd în vedere multitudinea tipodimensiunilor de maşini-unelte, exploatarea raţională a lor nu poate fi realizată decît, cunoscînd în parte particularităţile fiecăreia şi în acelaşi timp proprietăţile generale comune. Problemele legate de deservire şi de întreţinere, suprapunîndu-se peste fiabilitatea reală a maşinii, pot influenţa hotărîtor funcţionarea maşinilor în exploatare, fapt care determină în unele cazuri instruirea în mod special a muncitorului care deserveşte maşina-unealtă.

2

ELEMENTE ALE GENERĂRII SUPRAFEŢELOR PE MAŞINILE-UNELTE

2.1. PIESA ŞI SUPRAFEŢELE EI

Maşinile, aparatele, utilajele şi instalaţiile sînt constituite dintr-o îmbinare judicioasă de elemente simple sau complexe cu formă geometrică, confecţionate din diverse materiale.

Elementul cel mai simplu al unui ansamblu sau subansamblu, considerînd că nu mai poate fi descompus decît prin schimbarea formei sale, este reprezentat de PIESĂ.

În general o piesă este mărginită de una sau mai multe suprafeţe a căror aşezare reciprocă şi formă sînt determinate de scopul funcţional, de configuraţia suprafeţelor cu care vine în contact în cadrul ansamblului sau subansamblului din care face parte.

În figura 2.1 este arătată o piesă care, deşi simplă, este delimitată de nouă suprafeţe, unele avînd rol funcţional (suprafaţa *4* — suprafaţa exterioară a unui paralelipiped drept ce permite rotirea piuliţei), altele cu rol tehnologic (suprafaţa *9* — suprafaţa exterioară a unui trunchi de con este necesară executării filetului).

Suprafeţele componente ale unei piese se pot prezenta sub diferite forme din punct de vedere geometric, dar şi sub diverse aspecte considerînd rugozitatea şi precizia.

Forma, scopul funcţional, calitatea şi precizia suprafeţelor componente ale unei piese au o deosebită importanţă în exploatarea maşinilor-unelte, deoarece condiţionează tipul de maşină-unealtă ce va fi folosită, ca şi sculele şi dispozitivele utilizate.

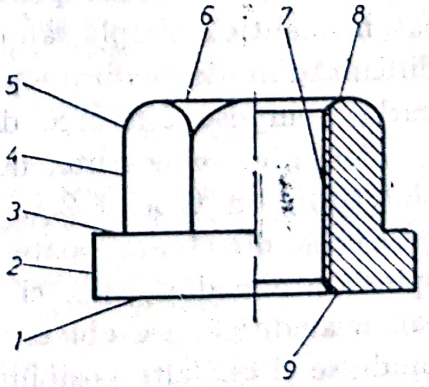


Fig. 2.1. Piesa şi suprafeţele ei.

Scanned with OKEN Scanner

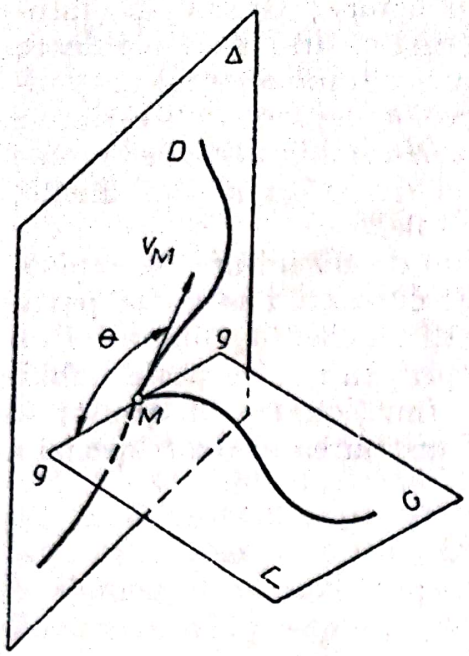


Fig. 2.2. Generarea teoretică a suprafeței.

Pentru a alege mașina-unealtă adecvată, pentru a asigura exploatarea sa rațională, printre altele este necesară și analiza piesei ce va fi prelucrată, a suprafețelor ce o delimitează, a modului în care acestea vor fi generate.

2.2. GENERAREA TEORETICĂ A SUPRAFEȚELOR

Matematic, suprafața este considerată o pînză fără grosime separînd două spații distincte, fără a aparține uneia dintre acestea.

Dintre modalitățile de generare a suprafețelor cea care se aplică cel mai bine la prelucrarea pe mașinile-unelte este obținerea suprafeței prin deplasarea unei curbe cu formă constantă sau variabilă după o lege oarecare.

Un punct al curbei ce se deplasează, numită curbă generatoare, descrie o curbă numită curbă directoare. Majoritatea curbelor generatoare G și directoare D folosite în generarea suprafețelor pe mașinile-unelte sînt plane, planele ce le conțin sînt numite plan generator Γ, respectiv plan director Δ (fig. 2.2). Cele două plane sînt totdeauna perpendiculare.

Deplasarea curbei generatoare pe curba directoare pentru generarea suprafeței presupune existența unei mișcări cu viteza v_M. Realizarea mișcărilor pe traiectoriile directoare, de formă oarecare, este dificilă din punct de vedere tehnic fapt pentru care s-au impus mișcările pe traiectoriile circulare sau rectilinii, folosind cuplele cinematice FUS-LAGĂR și SANIE-GHIDAJ sau compuneri ale acestor mișcări.

Unghiul format de direcția vitezei v_M și urma gg, a planului generator Γ este în cele mai multe situații constant, altfel forma suprafeței generatoare depinde de legea sa de variație. De cele mai multe ori cele două curbe (generatoare și directoare) sînt nedeformabile existînd și situații (de exemplu prelucrarea matrițelor) în care își pot modifica forma în procesul generării.

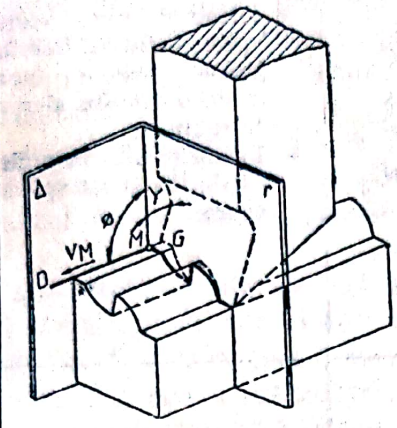
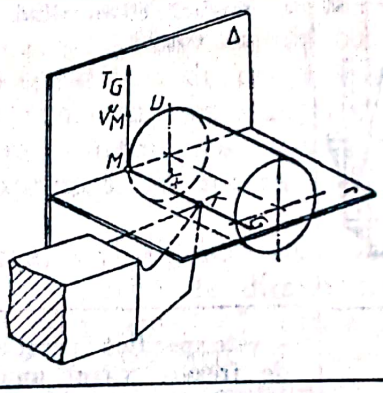
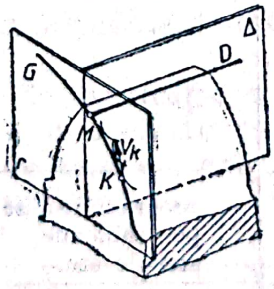
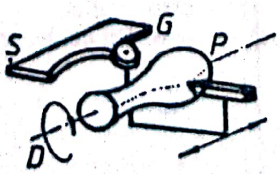
Curba generatoare poate fi orice curbă plană sau spațială, analitică sau neanalitică, simplă sau compusă. În cazul curbelor neanalitice, datorită dificultăților de realizare practică, ele sînt înlocuite, prin aproximare, de curbe compuse din arce de cerc și de drepte.

Variantele cunoscute, de generarea teoretică a curbei generatoare sînt sintetizate în tabelul 2.1.

Curba directoare poate fi de asemenea simplă (cerc, dreaptă, elipsă, spirală arhimedică, elice cilindrică sau conică etc.) sau compusă, analitică sau neanalitică. De obicei curba directoare este realizată cinematic, întîlnindu-se și celelalte posibilități evidențiate la generarea curbei generatoare (tab. 2.2).

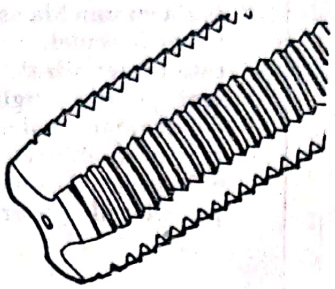
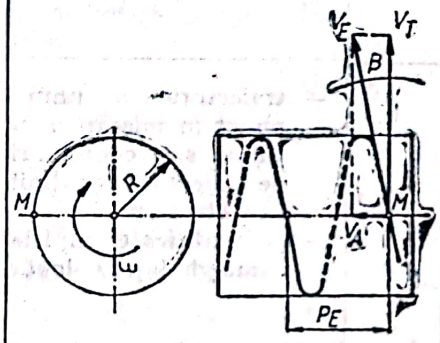
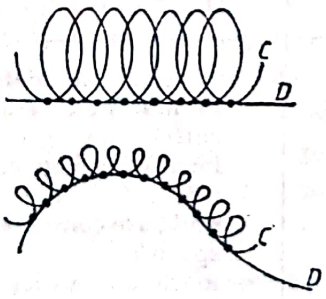
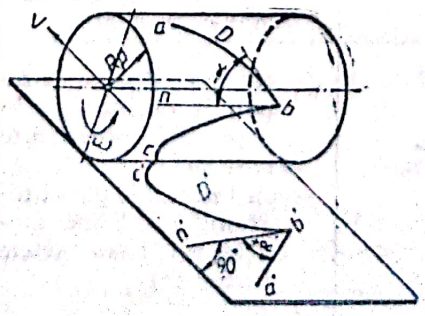
Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.1. **Generarea curbei generatoare**

Modalitate de generare	Figura	Caracteristici	Procedeu de aşchiere folosit
1. Generatoare materializată		— lungimea generatoarei egală cu muchia aşchietoare a sculei. — este materializată numai pentru unghiuri de degajare nule. — pentru unghiuri $\gamma \neq 0$ este proiecţia muchiei pe planul generator	— strunjire — rabotare — mortezare — broşare — frezare — rectificare
2. Generatoare cinematică			
2.1. Traiectorie a unui punct		— traiectorie a unui punct în mişcare rectilinie sau combinări pe traiectorii rectilinii sau circulare — sînt utilizate cuplele sanie-ghidaj, fus-lagăr	— strunjire — rabotare — frezare — rectificare
2.2. Înfăşurătoare a poziţiilor succesive ale unei curbe		— pe scula aşchietoare se materializează o curbă care nu este identică cu generatoarea. — scula are complexitate sporită — mărimea curbei este limitată de construcţia sculei. — scula nu ia contact cu toată lungimea generatoarei deodată — maşinile unelte sînt mai complicate.	— frezare — mortezare — rectificare
3. Generatoare programată		— curbe complexe ce nu pot fi obţinute prin procedeele prezentate mai sus — sînt necesare port programe (şabloane, modele, benzi sau cartele perforate)	— strunjire — rabotare — frezare — rectificare

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2.2 Generarea curbei directoare

Modalitate de generare	Figura	Caracteristici	Procedeul de aşchiere folosit
1. Directoare materializată		— folosirea unei scule speciale tarod, filieră, broşă, sau a unor scule obişnuite alezor burghiu — forma şi dimensiunile depind de scula aşchietoare.	— filetare — broşare — găurire — alezare
2. Directoare cinematică			
2.1. Traiectorie a unui punct		— se obţine sub diverse forme: circulare, rectilinie spirală arhimedică, elice, cilindrică, conică	— strunjire — filetare — detalonare — rabotare — mortezare — frezare
2.2. Înfăşurătoare a unei curbe cinematice		— este specifică operaţiei de frezare vîrful unui dinte descrie o cicloidă	— frezare — rectificare
3. Directoare programată		— programarea se face pe şabloane, benzi, modele etc.	— frezare — rectificare
4. Directoare transpusă prin rulare		— se întîlneşte în anumite cazuri particulare cum ar fi prelucrarea roţilor dinţate conice — se obţin curbe spaţiale	— prelucrarea roţilor dinţate conice

Scanned with OKEN Scanner

2.3. GENERAREA SUPRAFEȚELOR REALE

Suprafața obținută prin procesul de așchiere pe mașina-unealtă diferă de suprafața teoretică datorită unui număr de factori care intervin în procesul generării și determină abaterile acesteia.

Suprafața geometrică a piesei este suprafața teoretică reprezentată convențional prin desen tehnic, considerînd fără abateri de formă, poziție și fără rugozitate.

Suprafața reală a aceleiași piese (fig. 2.3) este suprafața rezultată din procesul de așchiere care limitează piesa de mediul înconjurător, caracterizată prin abateri de la forma geometrică, prin abateri de poziție și prin rugozitate.

Abaterile suprafeței reale se datoresc, atît în cazul generatoarei cît și directoarei, abaterile profilului sculei sau programului de la profilul teoretic, cît și erorile cinematice care pot apare în timpul generării curbelor obținute cinematic. Pe lîngă aceasta influențează suprafața reală și modul de poziționare și comportarea în prelucrare a sistemului tehnologic format din mașina-unealtă, sculă, dispozitiv, piesă.

În ceea ce privește modalitățile de generare a curbelor generatoare și directoare sînt valabile și pentru cazul real cele prezentate la generarea teoretică, trebuie să se țină cont de condițiile practice ale prelucrării.

La folosirea generării cu curbe materializate factorul principal de influență este constituit de realizarea sculei așchietoare a cărei abateri se vor regăsi ca erori ale suprafeței generate.

La generarea cinematică unii parametri ai regimurilor de așchiere influențează împreună cu forma sculei așchietoare, forma suprafeței (fig. 2.4).

În cazul real vîrful sculei nu poate fi punctiform, el fiind reprezentat printr-un arc de curbă de dimensiuni mici — generatoare elementară.

De reținut este faptul că forma generatoarei elementare nu are nici o legătură cu forma generatoarei piesei ce trebuie prelucrată. Generatoarea elementară va trebui repoziționată în funcție de lungimea generatoarei piesei.

Rezultă deci că forma curbelor generatoare și directoare reale este influențată de o multitudine de factori dintre care nu trebuie minimalizați următorii:

— tehnologia de fabricație a sculelor;
— uzura sculelor așchietoare;
— variațiile de temperatură;
— starea mașinii-unelte.

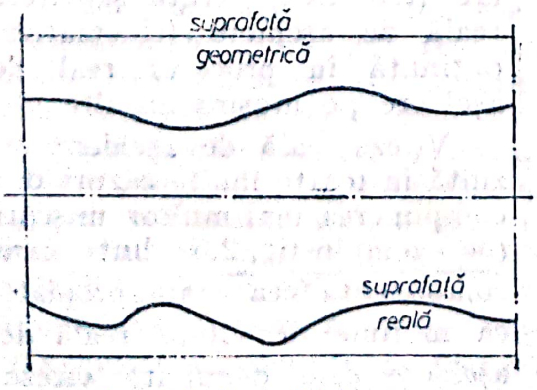


Fig. 2.3. Suprafețele piesei.

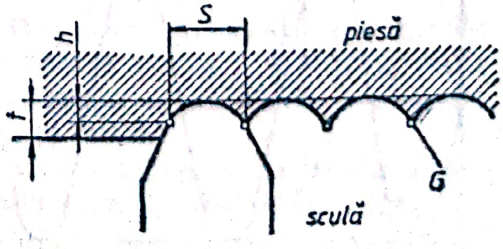


Fig. 2.4. Suprafața reală la prelucrarea pe mașina-unealtă.

Scanned with OKEN Scanner

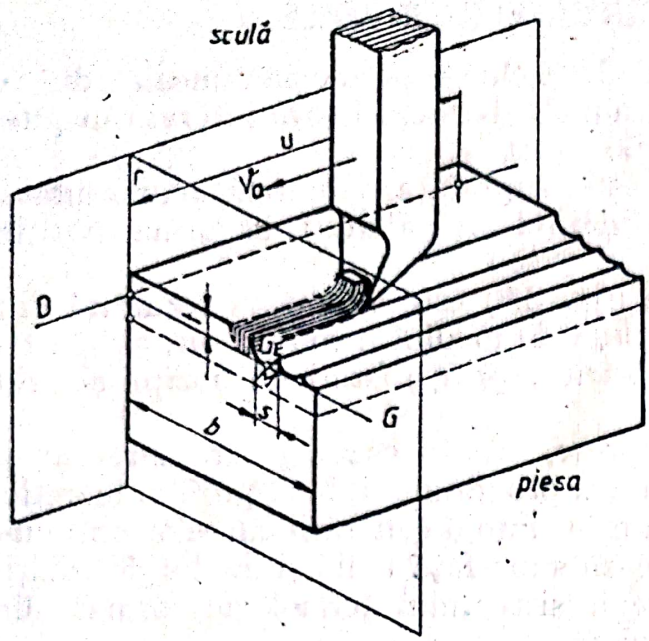


Fig. 2.5. Cinematica generării suprafeţei.

Problema de bază care se pune generării suprafeţelor reale este de a interveni asupra elementelor sistemului tehnologic care influenţează precizia de execuţie a pieselor dintre care o importanţă deosebită o prezintă alegerea maşinii-unelte şi felul în care ea este exploatată.

2.4. CINEMATICA PROCESULUI DE GENERARE A SUPRAFEŢELOR PE MAŞINI-UNELTE

Procesul de generare a suprafeţelor pe maşinile-unelte necesită anumite mişcări relative între sculă şi piesă pe traiectorii determinate de cinematica generării cu viteze condiţionate atît de cinematica generării, cît şi de cinematica procesului de aşchiere.

În generarea suprafeţelor prin procesul de aşchiere generatoarea materializată G sau elementară GE este partea de muchie aşchietoare a sculei (fig. 2.5) care vine în contact cu materialul piesei, traiectoria directoare fiind cea pe care se deplasează muchia aşchietoare.

Procesul de aşchiere necesită poziţionarea iniţială a sculei în raport cu piesa pentru obţinerea adîncimii de aşchiere (t) şi a avansului de aşchiere (s) urmată de deplasarea sculei în raport cu piesa, cu viteza de aşchiere (v_a) pe direcţia traiectoriei directoare. Valorile acestei mărimi se stabilesc pe baza teoriei aşchierii.

Procesul de aşchiere, procesul de generare a suprafeţelor, este terminat numai după un număr de repoziţionări ale sculei în raport cu piesa, condiţionat de lăţimea b a suprafeţei.

Viteza de aşchiere este unul din parametri cei mai importanţi ai procesului de aşchiere; realizarea ei, în condiţiile cerute de acesta ridică probleme specific cinematice, care conduc la obţinerea unei valori diferite. Este necesar a se face deosebire între viteza tehnologică de aşchiere (teoretică) cerută şi viteza reală de aşchiere (cinematică) obţinută în procesul real de aşchiere pe maşina-unealtă.

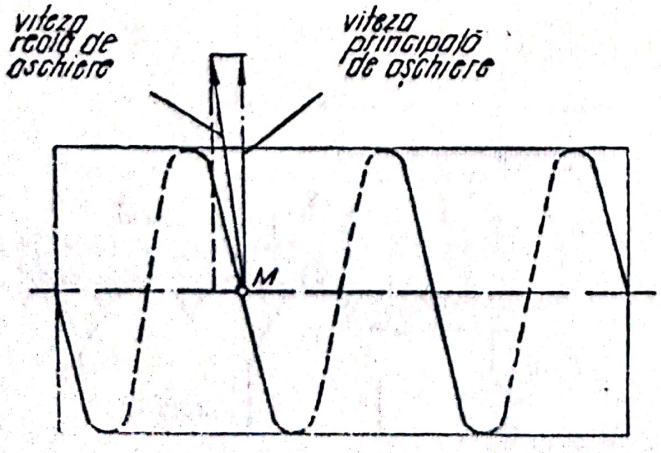


Fig. 2.6. Viteza principală de aşchiere.

Viteza reală de aşchiere rezultă în foarte multe cazuri din compunerea mai multor mişcări (de exemplu fig. 2.6), dintre care componenta cea mai apropiată ca mărime de viteza reală de aşchiere este denumită viteza principală de aşchiere.

Scanned with OKEN Scanner

Din punctul de vedere al generării suprafeţelor viteza de aşchiere este viteza punctului de sprijin M al generatoarei pe traiectoria directoare.

În cazul generării unor suprafeţe a căror traiectorii directoare sînt curbe simple (dreaptă sau cerc) viteza principală de aşchiere poate fi precizată după cum urmează:

— pe traiectorii rectilinii (fig. 2.5):

$$v_a = \frac{2ln}{1000} \text{ [m/min]}, \tag{2.1}$$

în care: l este lungimea directoarei; n — numărul de curse duble pe minut ale sculei;

— pe traiectorii circulare (fig. 2.6):

$$v_a = \frac{\pi dn}{1000} \text{ [m/min]}, \tag{2.2}$$

în care: d este diametrul curbei directoare; n — numărul de rotaţii pe minut ale piesei.

Unele din problemele specifice ale mişcării pe traiectorii rectilinii sînt cele ale accelerării şi inversării sensului mişcării la capetele de cursă care influenţează valoarea vitezei, aceasta fiind variabilă în zonele extreme ale traiectoriei directoare.

La generarea suprafeţelor pentru care repoziţionarea cuţitului se face continuu (de exemplu cazul strunjirii) mişcarea de avans este caracterizată de o viteză de avans (w), cea de a doua componentă a vitezei reale de aşchiere (fig. 2.6).

La generarea suprafeţelor pentru care repoziţionarea cuţitului se face discontinuu (de exemplu cazul rabotării) mişcarea de avans este realizată în afara fazei de aşchiere, astfel încît viteza de avans va fi:

$$w = \frac{s}{T} \text{ [mm/min]}, \tag{2.3}$$

în care: s este avansul; T — timpul în care se execută repoziţionarea.

Avansul este definit ca distanţa între două repoziţionări succesive a generatoarei elementare; cînd directoarea este rectilinie, avansul este indicat în mm pe cursă dublă (rabotare) sau cursă simplă (rectificare), în timp ce pentru directoare circulare, avansul este indicat în mm pe rotaţie (strunjire, găurire).

Mărimea avansului serveşte tehnologului pentru calculul regimului de aşchiere, al forţelor de aşchiere şi verificarea sculei.

Mişcarea de avans este realizată de cele mai multe ori pe traiectorii rectilinii existînd şi situaţii în care este realizată şi pe traiectorii circulare (unele variante de rectificare).

Pentru mişcările de avans pe traiectorii rectilinii sînt utilizate denumirile de avans longitudinal (pe direcţia mişcării de avans pe care este asigurată lungimea cea mai mare), avans transversal (lungimea mijlocie a cursei), avans orizontal sau vertical (lungimea cea mai mică).

Pentru mişcările de avans pe traiectorii circulare, este utilizată noţiunea de avans circular, putînd exista şi avans radial, respectiv axial.

Cele două mişcări care au fost prezentate, mişcarea principală (cu viteza egală cu viteza principală de aşchiere) şi mişcarea de avans (cu viteza de avans) sînt suficiente în cazul generării suprafeţelor simple.

Scanned with OKEN Scanner

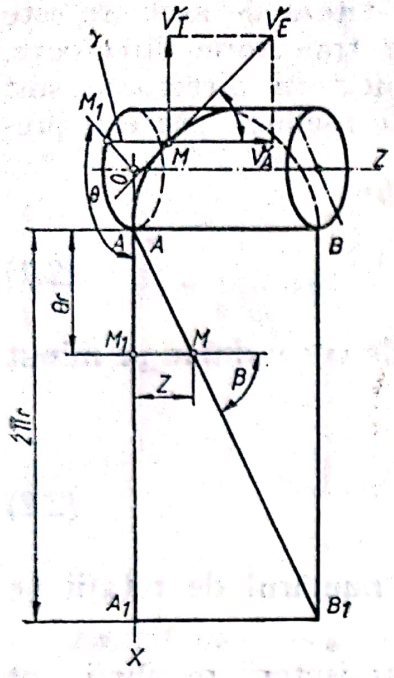


Fig. 2.7. Generarea suprafeței elicoidale.

În practică sînt, însă întîlnite destul de des și alte forme de suprafețe pentru care nu sînt suficiente numai cele două mișcări, curba generatoare sau directoare avînd o formă complexă.

La prelucrarea unor piese filetate este necesară generarea unei suprafețe elicoidale a cărei directoare este o elice cilindrică sau conică.

Ecuația unui punct M al traiectoriei directoarei avînd forma unei elici cilindrice (fig. 2.7) este:

$$\frac{\theta r}{z} = \operatorname{tg} \beta. \qquad (2.4)$$

Derivînd ecuația, rezultă:

$$\frac{V_T}{v_A} = \operatorname{tg} \beta, \qquad (2.5)$$

în care: $v_T = \omega \cdot r$ — viteza tangențială componentă a vitezei punctului M pe traiectoria directoarei;

v_A — viteza axială, componenta adoua a vitezei (v_E).

Pentru a genera suprafața elicoidală, în vederea obținerii traiectoriei directoare este absolut necesar ca raportul celor 2 viteze (componentele vitezei v_E) să fie egal cu tangenta unghiului β. Pentru marea majoritate a filetelor unghiul β are o valoare constantă, deci pentru a genera suprafața elicoidală trebuie ca raportul:

$$\frac{v_T}{v_A} = \operatorname{tg} \beta = \text{ct}. \qquad (2.6)$$

Directoarea elicoidală se obține ca o traiectorie prin compunerea a două mișcări: una de rotație cu viteza v_T și alta de transmisie cu viteza v_A. Una dintre ele, cea mai mare în valoare absolută, se va alege și ca viteză principală de așchiere.

Generatoarea suprafeței elicoidale depinde de profilul filetului: triunghiular, trapezoidal etc.

Un caz asemănător cu cel al generării directoarei elicoidale îl constituie generarea spiralei arhimedică (fig. 2.8) pentru care:

$$\frac{v_T}{v_R} = \operatorname{tg} \beta, \qquad (2.7)$$

în care: $v_T = \omega \rho$ — viteza tangențială a mișcării de rotație; v_R — viteza mișcării radiale.

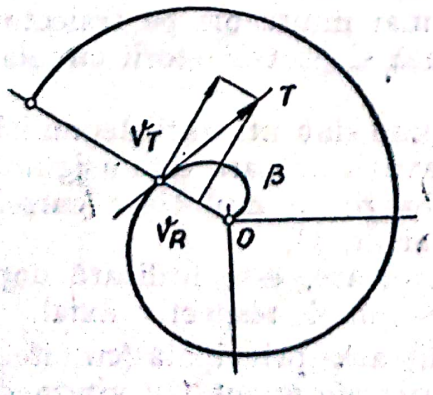


Fig. 2.8. Generarea spiralei arhimedice.

Generarea directoarei de forma spiralei arhimedice este întîlnită în prelucrarea filetului plan sau la prelucrarea suprafeței de așezare a sculelor așchietoare detalonate.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru generarea curbelor generatoare sau directoare a unor suprafeţe complexe este folosită şi rularea unei curbe (rulantă) pe o altă curbă (bază) fără ca între cele două să existe alunecare.

Generarea suprafeţelor prin rulare are o largă extindere în prelucrarea pe maşini-unelte, curbele astfel generate făcînd parte din familia curbelor cicloidale sau a unor curbe particulare ca evolventa, cadioida, astroida.

Dintre acestea evolventa este utilizată ca generatoarea suprafeţei flancurilor roţilor dinţate.

Ca definiţie matematică, evolventa reprezintă locul geometric al unui punct al unei drepte care rulează pe un cerc.

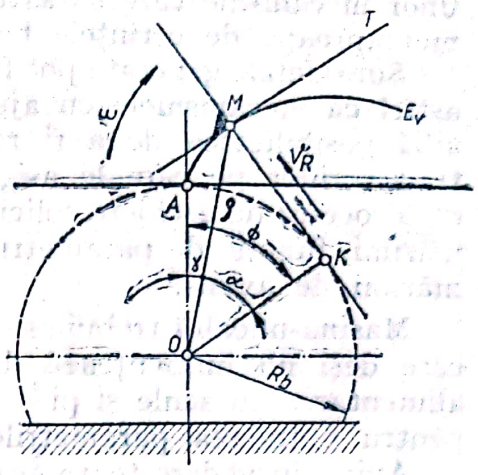


Fig. 2.9. Generarea evolventei.

Derivînd ecuaţia punctului (fig. 2.9) care descrie evolventa:

$$\rho = R_b(\alpha + \gamma), \tag{2.8}$$

se obţine:

$$v_R = R_b\ \omega. \tag{2.9}$$

Aceasta reprezintă condiţia ce trebuie respectată de vitezele mişcărilor necesare pentru generarea curbei generatoare.

Întrucît condiţiile tehnice de realizare a rulării pe cerc sînt dificile, în practică sînt utilizate alte variante de compunere ale mişcărilor:

a — cercul are mişcarea de rotaţie cu viteza unghiulară şi dreapta mişcarea de translaţie cu viteza v_R rulare cu dreapta mobilă.

b — cercul are atît mişcarea de rotaţie cît şi mişcarea de translaţie — rulare cu dreaptă fixă.

După cum s-a văzut în cadrul acestui paragraf pentru generarea suprafeţelor pe maşinile-unelte sînt necesare mişcări pe traiectorii generatoare sau directoare cu viteze condiţionate de procesul de aşchiere sau mişcări pe diferite traiectorii a căror compunere asigură generarea unor curbe generatoare sau directoare complexe. Vitezele acestor mişcări sînt condiţionate strict de însăşi procesul de generare a curbei respective.

Aceste mişcări, fie că sînt caracterizate de viteze condiţionate de procesul de aşchiere, fie că sînt caracterizate de viteze condiţionate numai de procesul de generare a unor curbe complexe, vor fi realizate de maşina-uneală cu ajutorul cinematicii ei.

3

ELEMENTE ALE CINEMATICII MAŞINILOR-UNELTE SISTEME DE ACŢIONARE

3.1. LANŢUL CINEMATIC

3.1.1. Definire, clasificare, reprezentare

Realizarea tehnică a mişcărilor necesare generării suprafeţelor, a traiectoriilor şi a vitezelor respective, ca şi coordonarea lor, implică utilizarea

Scanned with OKEN Scanner

unor mecanisme care să satisfacă cerinţele impuse în condiţii optime, cît mai aproape de cerinţele teoretice, geometrice şi cinematice.

Suprafeţele generate pot fi identice ca formă, însă diferite ca dimensiuni, astfel că mecanismele cu ajutorul cărora se obţin curbele generatoare să aibă posibilitatea de a fi reglate funcţie de parametrii dimensionali ai traiectoriilor pe care le asigură acestea.

Procesul de aşchiere solicită ca viteza de aşchiere să poată avea diferite mărimi, funcţie de parametrii de aşchiere, şi de asemenea impune anumite mărimi de avans.

Maşina-unealtă trebuie să asigure în afara celor prezentate şi alte funcţii care deşi nu influenţează direct procesul de generare, îl condiţionează: alimentarea cu scule şi piese, potrivirea sculei în raport cu piesa, reglarea pentru obţinerea parametrilor de aşchiere stabiliţi etc.

Avînd în vedere toate acestea, rezultă că cinematica unei maşini-unelte constă dintr-un număr de mecanisme, unele destinate generării suprafeţelor prin procesul de aşchiere, altele pentru manevrarea şi asigurarea bunei funcţionări.

Totalitatea mecanismelor care concură la realizarea unui anumit scop este numită lanţ cinematic.

În funcţie de scop şi avînd drept criteriu efectul acţiunii lor, lanţurile cinematice ale maşinilor-unelte se pot grupa în:

— lanţurile cinematice generatoare;
— lanţurile cinematice auxiliare.

Lanţul cinematic generator constă în totalitatea mecanismelor care asigură transmiterea şi transformarea unei mişcări oarecare într-o mişcare pe traiectoria directoare sau generatoare, în condiţiile impuse de generarea traiectoriei respective şi de cele ale procesului de aşchiere, în scopul obţinerii unei anumite suprafeţe.

Lanţurile cinematice generatoare pot fi grupate în:

— lanţuri cinematice generatoare tehnologice;
— lanţurile cinematice generatoare complexe.

Lanţurile cinematice generatoare tehnologice sînt cele care au drept scop realizarea unora din parametrii regimului de aşchiere: viteza principală de aşchiere şi avansul.

Lanţurile cinematice generatoare complexe sînt lanţurile cinematice care asigură corelarea mişcărilor necesare generării unor curbe complexe: directoarea elicoidală — lanţul cinematic de filetare; generatoarea evolventică — lanţul cinematic de rulare etc.

Lanţurile cinematice auxiliare asigură realizarea operaţiilor auxiliare, operaţii care intră în componenţa ciclului de lucru al maşinii-unelte, dar care sînt efectuate în afara procesului de aşchiere şi care nu influenţează generarea suprafeţelor. Operaţiile auxiliare pot fi executate manual sau automat fapt care contribuie la stabilirea gradului de automatizare al maşinii-unelte cu implicaţii în reducerea timpilor auxiliari şi deci creşterea productivităţii.

Pentru a exemplifica noţiunile prezentate, în figura 3.1 sînt reprezentate lanţurile cinematice ale strungului revolver cu disc port-sculă SRO—25 produs de Intreprinderea de strunguri din Arad.

Pe acest strung pot fi generate suprafeţe cilindrice exterioare şi interioare, suprafeţe conice, suprafeţe elicoidale, suprafeţe plane frontale.

În toate aceste cazuri piesa execută mişcare de rotaţie cu o viteză egală cu viteza principală de aşchiere. Această mişcare este obţinută prin inter-

Scanned with OKEN Scanner

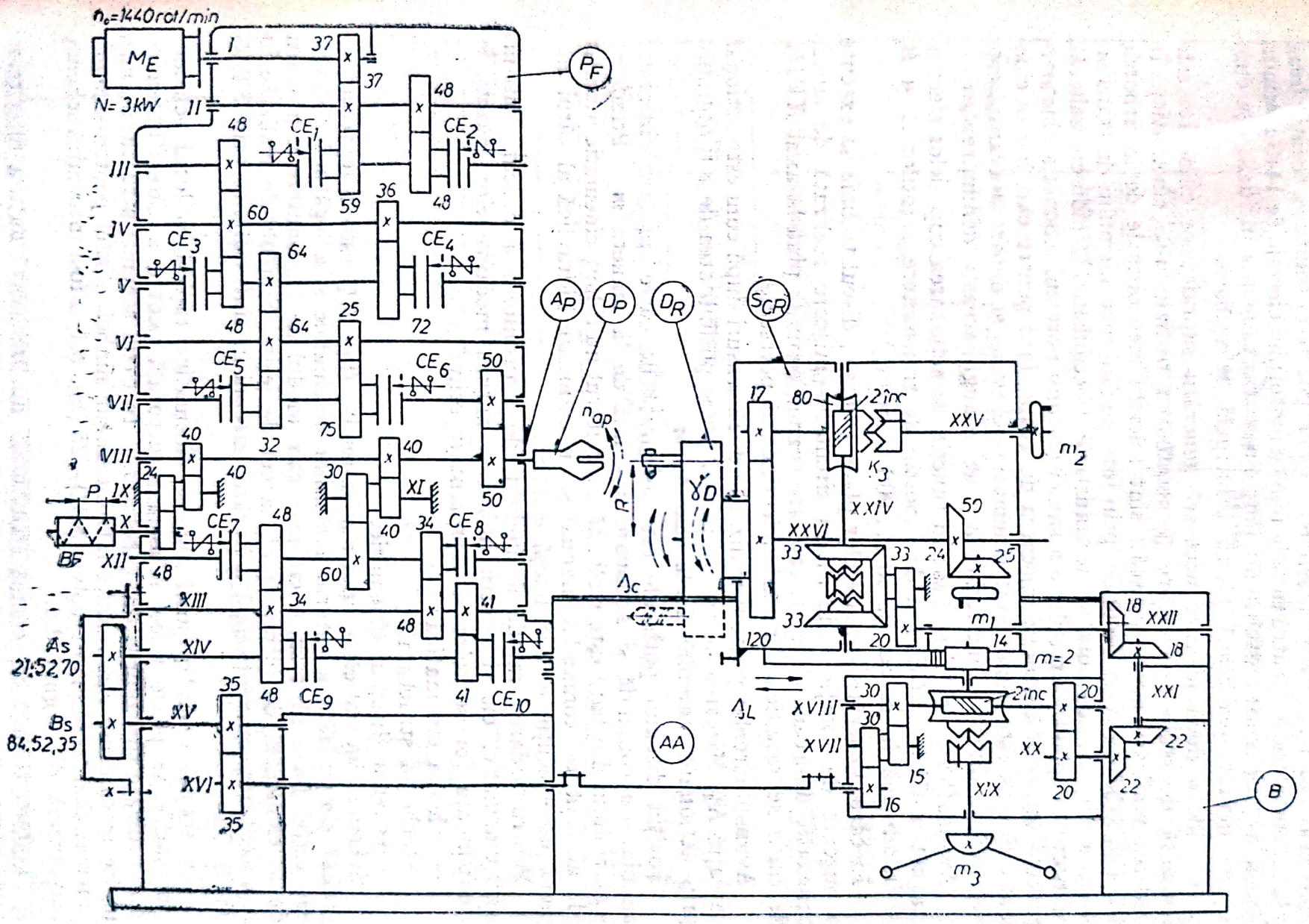


Fig. 3.1. Schema cinematică a strungului SRO-25.

mediul lanțului cinematic compus din motorul electric avînd turația $n_0 = 1440$ rot/min și puterea $P = 3$ kW, transmisiile cu roți dințate între axele *I* și *VIII*. În funcție de posibilitățile de cuplare a cuplajelor electromagnetice *CE*1 ... *CE*6 la arborele *VIII* pot fi obținute 8 turații între 112 și 2800 rot/min pentru turația mică a motorului electric de 1440 rot/min. Acest lanț cinematic este numit lanț cinematic principal întrucît, așa cum a fost definit, realizează viteza principală de așchiere.

Cea de a doua mișcare necesară generării suprafețelor cilindrice este realizată de scula așchietoare (generatoarea realizîndu-se cinematic). În vederea realizării acestei mișcări sînt folosite mecanismele de la arborele *VIII* la arborele *XIX* de unde, prin intermediul mecanismului de transformare a mișcării de rotație în translație (mecanismul pinion-cremalieră), se asigură deplasarea rectilinie a saniei discului portscule. Scula așchietoare execută în această situație mișcarea de avans, fapt pentru care lanțul cinematic descris este numit lanț cinematic de avans și deoarece avansul este realizat pe direcție longitudinală i se adaugă această denumire.

Avansul ce poate fi realizat în funcție de acționarea cuplajelor electromagnetice *CE*7 ... *CE*10 și de raportul de transmitere a roților *A* și *B*, se încadrează în domeniul 40 ... 900 mm/rot.

În cazul generării suprafețelor plane frontale, discul trebuie să execute o mișcare de rotație — de avans circular — mișcare realizată de lanțul cinematic de avans circular, care are o zonă comună pînă la axul *XVIII* de unde se ramifică spre arborele discului portscule.

Avansul circular poate fi realizat în două sensuri după cum este acționat cuplajul K_2. Mișcarea de avans circular are și posibilitatea de a fi obținută prin acționare manuală de la maneta m_2.

Poziția discului portscule este asigurată de către un lanț cinematic auxiliar cu comandă și acționare manuală de la maneta m_1. Prinderea materialului din bară este realizată cu ajutorul unui lanț cinematic auxiliar (de alimentare) comandat manual și cu acționare hidraulică al cărui element de execuție este o bucșă elastică.

Pentru redarea rapidă a modului de transmitere a mișcării într-un lanț cinematic, cît și pentru indicarea naturii mecanismelor folosite în componența lor se folosesc reprezentări prin:

— schema cinematică;
— schema structurală;
— schema fluxului cinematic.

Schema cinematică a unei mașini-unelte (fig. 3.1) este o reprezentare grafică simplificată a tuturor lanțurilor cinematice și a legăturilor dintre ele, astfel încît să rezulte cît mai clar modul de transmitere a mișcării de la elementul de intrare pînă la cel de ieșire. Simbolurile utilizate în reprezentarea convențională a fiecărui mecanism sînt stabilite prin STAS 1543—75.

În scopul realizării unei analize cinematice rapide în locul schemei cinematice se poate folosi schema structurală pentru a cărei întocmire sînt utilizate simbolurile din tabelul 3.1. În cazul schemei structurale mai multe mecanisme sînt reunite într-un singur simbol. Astfel pentru schema cinematică a strungului revolver SRO—25 (fig. 3.1) a fost întocmită schema structurală din figura 3.2.

Trebuie reținut că schema structurală nu precizează natura diferitelor mecanisme sau grupuri de mecanisme ci numai conexiunile dintre ele,

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.1. **Simboluri utilizate în scheme structurale**

Grupa	Tipul	Simbol	Grupa	Tipul	Simbol
1. Motoare	electric c.a		4. Mecanisme diverse	diferenţial	
	electric c.c			mecanism cu clichet	
	hidraulic			pornire oprire	PO
2. Mecanisme de reglare	simbol general			inversor	I
	roţi de schimb			mecanism de siguranţă	
	drosel			frînă	
3. Mecanisme de transformare a mişcării de rotire în translaţie	mecanic			manivele roţi de mînă	
	hidraulic				

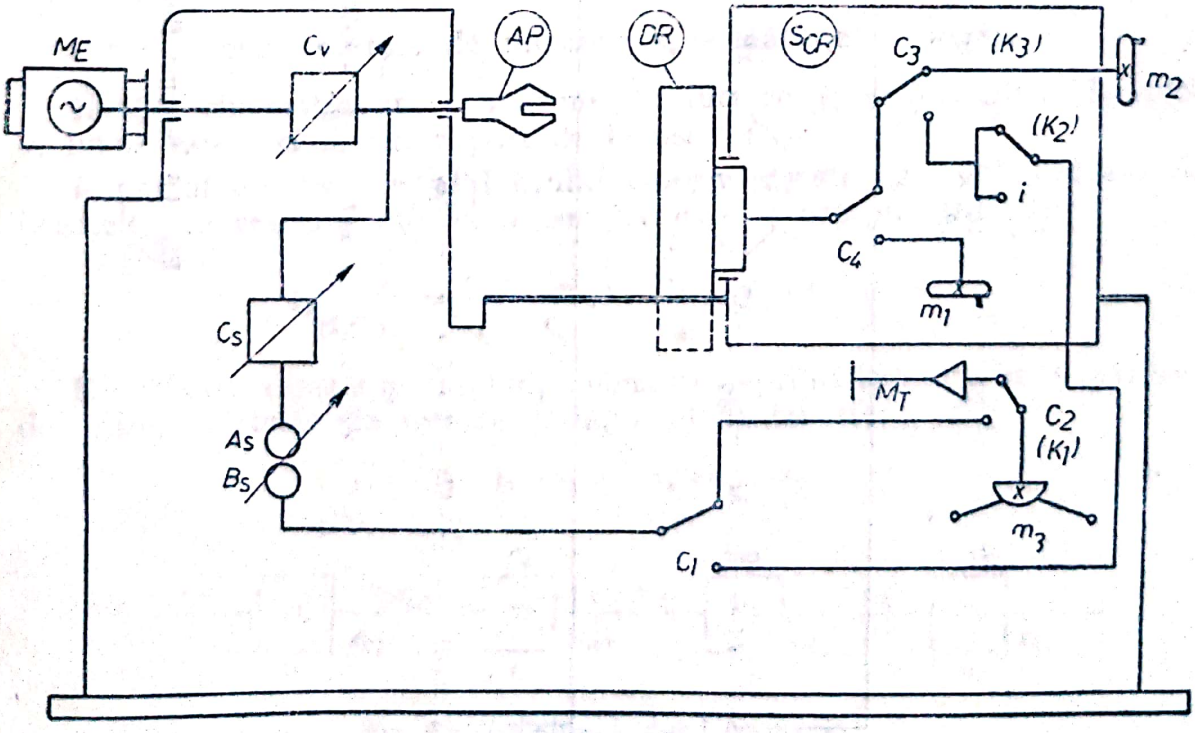


Fig. 3.2. Schema structurală a strungului SRO-25.

Scanned with OKEN Scanner

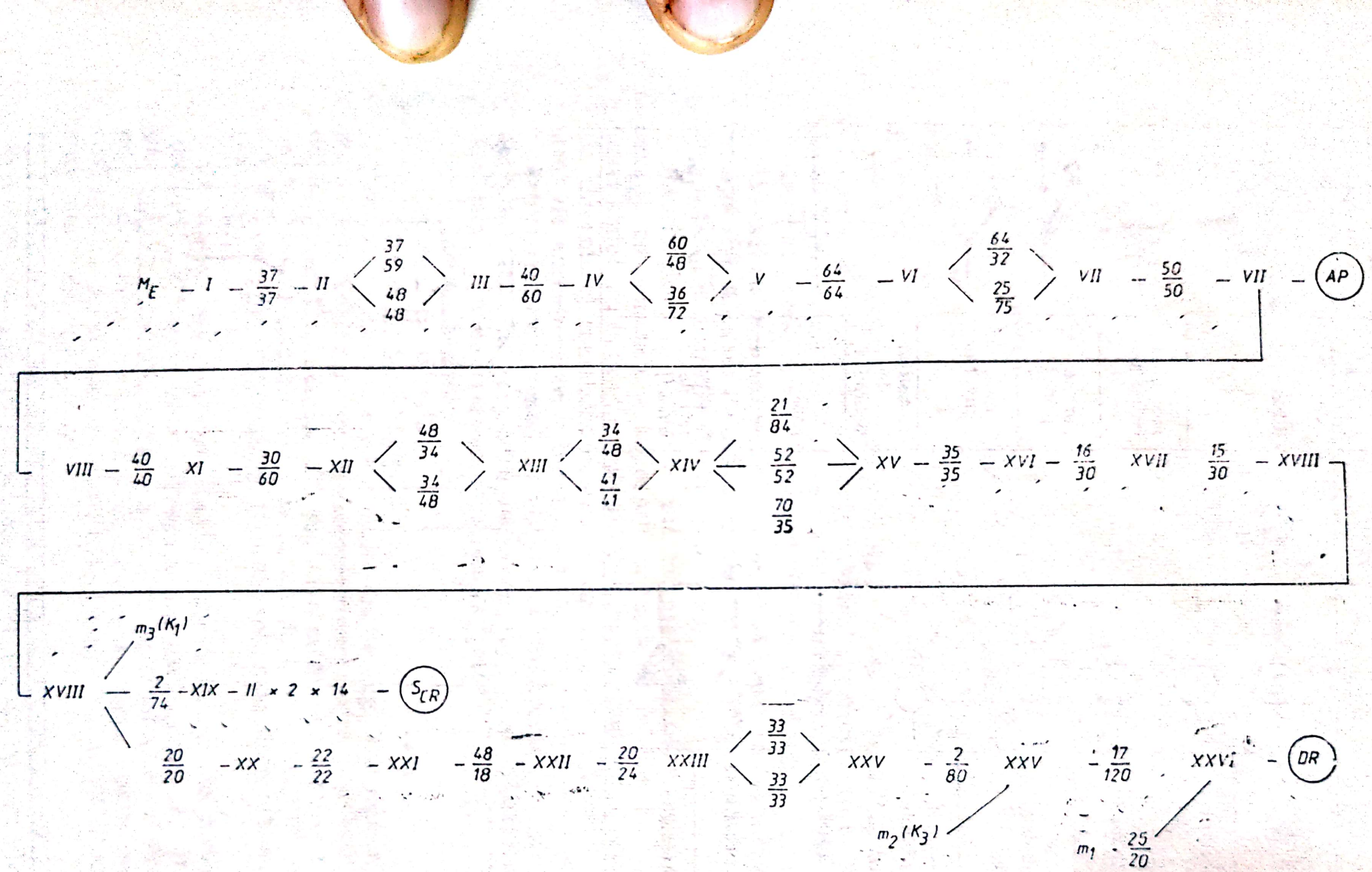


Fig. 3.3. Schema fluxului cinematic a strungului SRO-25.

Scanned with OKEN Scanner

asigurînd evidenţierea mai clară a lanţurilor cinematice componente ale maşinii-unelte în interacţiunea lor.

Schema fluxului cinematic este o reprezentare grafică a modului de transmitere a mişcării prin mecanismele lanţului cinematic. Schema fluxului cinematic poate fi întocmită pe baza schemei cinematice şi este deosebit de utilă în rezolvarea problemelor de reglare a maşinilor-unelte, în vederea exploatării lor.

Pentru acelaşi strung revolver SRO—25 a fost întocmită schema fluxului cinematic prezentată în figura 3.3.

3.1.2. Caracteristicile lanţurilor cinematice

Lanţul cinematic este constituit dintr-o reuniune de mecanisme legate între ele în serie (fig. 3.4).

Teoria mecanismelor defineşte mecanismul ca fiind format dintr-un ansamblu de elemente legate între ele prin cuple cinematice, astfel încît, dîndu-se o mişcare cunoscută uneia dintre ele să se obţină o mişcare bine determinată a celorlalte.

Deoarece în structura lanţurilor cinematice ale maşinilor-unelte se găsesc diverse mecanisme care pot fi de naturi diferite (mecanice, hidraulice, pneumatice, electrice etc.), simple sau complexe, cu scopul de a asigura funcţionarea acestuia, vom folosi noţiunea de mecanism, definită prin scopul funcţional, cu o cuprindere mai largă. Din acest punct de vedere, mecanismul este caracterizat prin funcţia pe care o are, de a transmite şi a transforma o mărime fizică dată în altă mărime fizică, stabilind un anumit raport între acestea, numit raport de transfer al mecanismului:

$$i = \frac{x_e}{x_i}, \tag{3.1}$$

în care: x_i este mărime de intrare; x_e — mărime de ieşire.

Lanţul cinematic are o mărime de intrare y_i şi o mărime de ieşire y_e între care există un raport de transfer i_T.

Raportul de transfer al lanţului cinematic este egal cu produsul rapoartelor de transfer ale mecanismelor care îl compun (fig. 3.4).

$$i_T = \frac{y_e}{y_i} = \frac{x_{e_1}}{x_{i_1}} \cdot \frac{x_{e_2}}{x_{i_2}} \cdots \frac{x_{e_k}}{x_{i_k}} = i_1 \cdot i_2 \cdots \cdot i_k \tag{3.2}$$

Ecuaţia de transfer a unui lanţ cinematic exprimă legătura între mărimea de ieşire, mărimea de intrare şi raportul de transfer:

$$y_e = y_i \cdot i_1 \cdot i_2 \cdots i_k = y_i \; i_T. \tag{3.3}$$

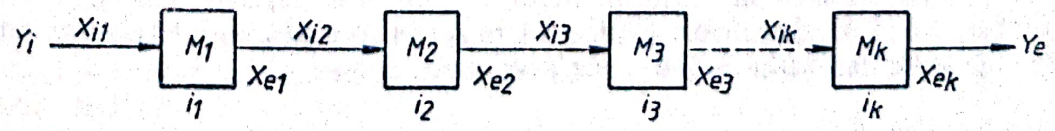
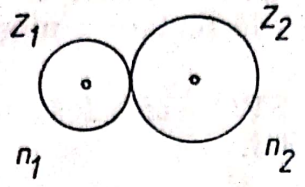
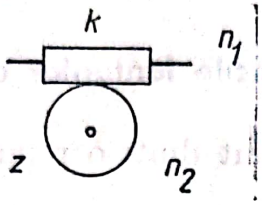
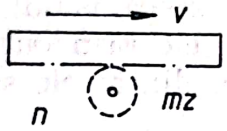
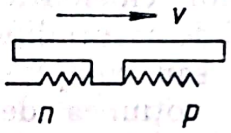
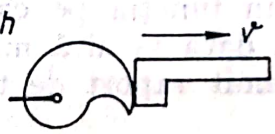


Fig. 3.4. Definirea lanţului cinematic.

Tabelul 3.2. **Rapoarte de transfer a unor mecanisme întîlnite în cinematica mașinilor-unelte**

Tipul	Figura	Raport de transformare
1. Angrenaj cilindric		$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}$
2. Angrenaj melcat		$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{k}{z}$
3. Pinion cremalieră		$i = \frac{v}{n} = \pi\, mz$
4. Șurub piuliță		$i = \frac{v}{n} = p$
5. Camă tachet		$i = \frac{v}{n} = h$

Rapoartele de transfer $i_1 \cdot i_2 \ldots i_k$, care constituie raportul de transfer total i_T, pot fi dimensionale sau adimensionale, constante sau variabile (reglabile), astfel că:

$$y_e = y_i \quad i_T = y_i \cdot i_c \cdot i_R \cdot i_D, \tag{3.4}$$

în care: i_c este produsul rapoartelor adimensionale constante; i_R — produsul rapoartelor reglabile (de regulă sînt adimensionale); i_D — produsul rapoartelor dimensionale constante.

În tabelul 3.2 sînt prezentate mecanismele cele mai des întîlnite în structura lanțurilor cinematice și rapoartele lor de transfer. Pot fi remarcate acelea care au rapoarte dimensionale, unele dintre ele fiind încadrate în categoria mecanismelor de transformare a mișcării de rotație în mișcare de translație.

În relația (3.4), dacă este explicitat raportul reglabil al lanțului cinematic, este obținută formula sa de reglare:

$$i_R = \frac{y_e}{y_i} = \frac{1}{i_c i_D}. \tag{3.5}$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru cazul reglării cu roți de schimb a mărimii de ieșire din lanțu cinematic, formula de reglare (este utilizată și denumirea de funcție de reglare) este exprimată sub forma:

$$\frac{A}{B} = \frac{y_e}{y_i} \cdot \frac{1}{i_C i_D}, \tag{3.6}$$

în care raportul $\frac{1}{i_C i_D}$ este numit constanta lanțului cinematic (inversul produsului rapoartelor constante).

În exemplul prezentat anterior s-a precizat faptul că atît lanțul cinematic principal cît și de avans asigură la ieșire mai multe mărimi ca urmare a mecanismelor de reglare.

Notînd cu $y_{e_1}, y_{e_2} \ldots y_{e_k}$ mărimile de ieșire dintr-un lanț cinematic, este constituit ca domeniu (sau cîmp) de variație al mărimilor de ieșire, totalitatea acestor mărimi. La fel se poate vorbi, cînd este cazul de domeniul de variație al mărimilor de intrare.

Se definește ca raport de variație al mărimilor de ieșire din lanțu cinematic expresia:

$$R_{ye} = \frac{y_{e\,max}}{y_{e\,min}}. \tag{3.7}$$

Raportul de variație al mărimilor de ieșire diferă de la un lanț cinematic la altul, iar pentru același tip de lanț cinematic diferă de la o mașină la alta.

De exemplu pentru lanțul cinematic principal, la strungul normal SN 400 — $R_{y_e} = 125$, în timp ce la mașina de rectificat RU250 — $R_{ye} = 1$. Raportul de variație al mărimilor de ieșire alături de alte caracteristici asigură informații cu privire la complexitatea lanțului cinematic respectiv.

În cazul în care și mărimea de intrare variază în cadrul domeniului ei, poate fi considerat și:

$$R_{ye} = \frac{y_{i\,max}}{y_{i\,min}}. \tag{3.8}$$

Un exemplu în acest sens îl constituie acționarea lanțului cinematic principal folosind motoare electrice cu mai multe turații.

În analiza cinematicii mașinii-unelte, în analiza lanțurilor cinematice, stabilirea caracteristicilor lanțurilor cinematice permite o mai bună cunoaștere în vederea unei exploatări raționale.

3.1.3. Constituirea cinematicii mașinilor-unelte

Chiar și mașinile-unelte cele mai simple beneficiază de 2 sau mai multe lanțuri cinematice.

Lanțurile cinematice ale unei mașini-unelte, în ansamblul lor constituind cinematica mașinii, prin funcțiile lor, generatoare sau auxiliare sînt mai mult sau mai puțin legate între ele prin condiții cinematice, tehnologice sau economice.

Condițiile cinematice pot impune ca două mișcări de forme și direcții diferite să se efectueze cu viteze condiționate strict între ele. Un exemplu

Scanned with OKEN Scanner

ar fi acela al generării directoarei elicoidale, unde mişcarea de rotaţie şi cea de translaţie sînt condiţionate între ele.

Condiţiile tehnologice, în general, nu impun o condiţionare strictă între vitezele a două mişcări. Astfel, în cazul generării unei suprafeţe cilindrice pe strung, viteza de aşchiere nu este strict condiţionată de viteza de avans (de altfel cele două mărimi prezintă abateri de la valorile teoretice fără a influenţa într-o măsură prea mare procesul de aşchiere).

În ceea ce privesc condiţiile economice, ele impun economicitatea întregii construcţii a maşinii-unelte, cauză care face ca o parte din mecanismele unui lanţ cinematic să fie folosite şi de alt lanţ cinematic. Pentru maşina-unealtă care a servit ca exemplu al modalităţilor de reprezentare a cinematicii (strungul revolver SRO—25) cele două lanţuri cinematice de avans au o zonă comună de la arborele *VIII* la arborele *XVIII*. Tot din condiţii economice acţionarea întregii maşini este realizată de către un singur motor electric.

În funcţie de modul de acţionare a lanţului cinematic acesta poate fi independent, cînd acţionarea este proprie lanţului, sau dependent cînd acţionarea este realizată prin intermediul altui lanţ cinematic.

În acest sens poate fi dat de exemplu lanţul cinematic de avans a cărui acţionare se face prin legarea la lanţul cinematic principal (fig. 3.2). Modul acesta de constituire conduce la reducerea mecanismelor de reglare. Pentru strungul SRO—25 mecanismul de reglare al lanţului cinematic de avans asigură 12 valori ale avansului fie radial fie longitudinal, dar ca urmare a modului de legare la lanţul cinematic principal (după mecanismul său de reglare) pot fi realizate $8 \times 12 = 96$ viteze de avans, ceea ce ar fi solicitat o construcţie mult mai complicată a mecanismului de reglare a lanţului cinematic de avans, în varianta cu acţionare independentă.

Dacă am structura cele două situaţii, ele pot fi reprezentate ca în figura 3.5. Mărimile de ieşire a celor 2 lanţuri nu sînt condiţionate cinematic, dependenţa mărimilor de ieşire fiind relativă (fig. 3.5, *a*) sau rigidă (fig. 3.5, *b*).

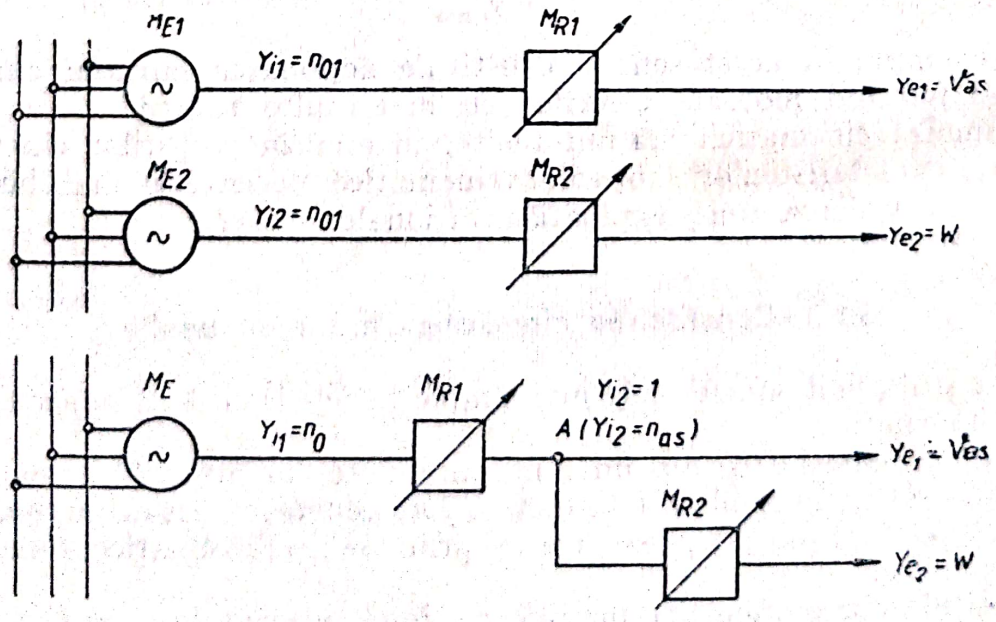


Fig. 3.5. Lanţuri cinematice legate în paralel.

Scanned with OKEN Scanner

În prima soluție (fig. 3.5, *a*):

$$\frac{y_{e_2}}{y_{e_1}} = \frac{w}{v_a} \neq \text{ct.}, \tag{3.9}$$

raportul variază între anumite limite care nu prejudiciază procesul de generare a suprafeței datorită legii de variație independentă și diferită a celor două mărimi de ieșire y_{e_2} și y_{e_1}.

Varianta este întîlnită pentru mașinile-unelte mari și grele (strunguri carusel, mașini de frezat portal, mașini de rabotat) și ori de cîte ori legarea cinematică rigidă a celor două lanțuri nu poate fi realizată din condițiile specifice mașinii-unelte (mașini de frezat cu consolă).

În a doua soluție (fig. 3.5, *b*):

$$\frac{y_{e2}}{y_{e1}} = \frac{s}{v_a} = \text{ct} \tag{3.10}$$

sau

$$\frac{y_{e2}}{y_{e1}} = \frac{w}{v_a} = \text{ct.} \tag{3.10}$$

Raportul mărimilor este constant, dar nu ca urmare a respectării unor condiții cinematice impuse ci datorită folosirii aceleiași acționări. A doua variantă va fi întîlnită în toate cazurile în care construcția mașinii-unelte a permis folosirea unui singur motor de acționare (strunguri normale, strunguri revolver, mașini de găurit, unele mașini de alezat și frezat de dimensiuni reduse).

Sînt situații, după cum a fost arătat, la generarea unor suprafețe, cînd anumite viteze trebuie corelate între ele (generarea traiectoriei directoare la filetare, generarea traiectoriei generatoare în formă evolventă etc.).

Cu alte cuvinte raportul mărimilor de ieșire trebuie să fie constant, deoarece, altfel nu mai este generată curba dorită. Se poate vorbi de un lanț cinematic închis constituit după cum este arătat în figura 3.6.

Din raportul mărimilor de ieșire y_{e1} și y_{e2} rezultă:

$$\frac{y_{e2}}{y_{e1}} = \frac{y_i \cdot i_1 \cdot i_{R1} \cdot i_2 \cdot i_{A2} \cdot i_{22} \cdot i_{R2} \cdot i_{D2}}{y_i \cdot i_1 \cdot i_{R1} \cdot i_2 \cdot i_{A1} \cdot i_{11} \cdot i_{D1}} = \frac{i_{A2} \cdot i_{22} \cdot i_{R2} \cdot i_{D2}}{i_{A1} \cdot i_{11} \cdot i_{D1}} = \text{ct} \tag{3.11}$$

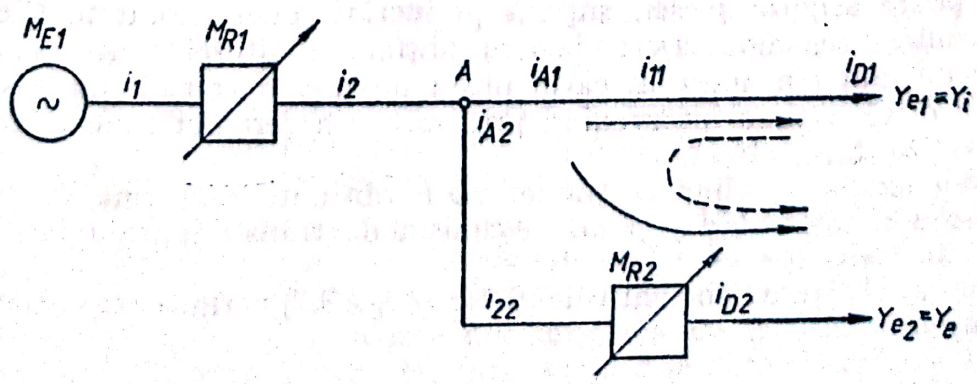


Fig. 3.6. Lanț cinematic închis.

Scanned with OKEN Scanner

sau

$$y_{e2} = y_{e1} \cdot \frac{1}{i_{A1}} \cdot \frac{1}{i_{11}} \cdot \frac{1}{i_{D1}} \cdot i_{a2} \cdot i_{R2} \cdot i_{D2} =$$

$$= y_{e1} \cdot \frac{1}{i_{D1}} \cdot \frac{1}{i_{11}} \cdot \frac{1}{i_{A1}} \cdot i_{A2} \cdot i_{22} \cdot i_{R2} \cdot i_{D2}. \qquad (3.11)$$

Expresia astfel obținută nu este altceva decît ecuația de transfer a unui lanț cinematic avînd mărimea de intrare $Y_i = y_{e1}$ și mărimea de ieșire $Y_2 = y_{e2}$. Între cele două mărimi trebuie să fie un raport riguros constant, relațiile (2.7) sau (2.9).

Lanțul cinematic constituit este format din două ramuri:

— de la A la y_{e1} care corespunde unui lanț cinematic generator tehnologic (principal sau de avans).

— de la A la y_{e2} care este specific lanțului cinematic analizat.

Lanțul cinematic închis (fig. 3.6) nu are acționare proprie, punctul A este determinat de mecanismul de legătură și este considerat punct de alimentare.

Parcurgînd lanțul cinematic de la $Y_i = y_{e1}$ rapoartele de transfer sînt scrise de la y_{e1} la A ca inverse, parcurgerea mecanismelor este realizată în sens contrar fluxului cinematic al lanțului cinematic, avînd mărime de ieșire y_{e1}.

Reglarea lanțului cinematic închis este obținută cu ajutorul mecanismului de reglare M_{R2} (de obicei roți de schimb).

Formula de reglare este dată de relația:

$$i_{R2} = \frac{i_{D1} \cdot i_{11} \cdot i_{A1} \cdot Y_e}{i_{D2} \cdot i_{22} \cdot i_{A2} \cdot Y_i} = C \frac{i_{D1}}{i_{D2}} \cdot \frac{Y_e}{Y_i}, \qquad (3.12)$$

în care: $C = \frac{i_{11} \cdot i_{A1}}{i_{22} \cdot i_{A2}}$ este constanta lanțului cinematic.

Prezentăm în continuare două cazuri particulare: lanțul cinematic necesar generării directoarei elicoidale și lanțul cinematic necesar generării generatoarei evolventice.

1. Lanțul cinematic de filetare asigură corelația între cele două mișcări cu viteze avînd raportul:

$$\frac{v_1}{v_A} = \text{tg } \beta = \text{ct.}$$

Viteza tangențială v_T poate fi obținută dintr-o mișcare de rotație pe care o poate asigura piesei, supusă prelucrării unei suprafețe elicoidale, un mecanism fus-lagăr. Deci, pentru obținerea vitezei tangențiale, este necesar un lanț cinematic al cărui ultim mecanism constă din ansamblul fus-lagăr-piesă, ultima intervenind prin raza r a cercului pe care se realizează viteza tangențială.

Viteza axială v_A, fiind rectilinie, va fi obținută ca formă cu ajutorul mecanismului sanie-ghidaj și un mecanism de transformare a mișcării de rotație în translație.

Structura lanțului cinematic de filetare (fig. 3.7) permite scrierea ecuației de transfer:

$$v_A = v_T \cdot \frac{1}{i_{D1}} \cdot i_1 \frac{A_F}{B_F} \cdot i_2 \cdot i_{D2}, \qquad (3.13$$

Scanned with OKEN Scanner

în care: $i_{D1} = 2\pi r$;

$i_{D2} = p_s$;

$\operatorname{tg} \beta = \frac{2\pi r}{p_p}$.

Înlocuind ecuaţia de transfer poate fi scrisă avînd ca parametrii pasul piesei p_p şi pasul şurubului p_s.

$$p_p = 2\pi r \frac{1}{i_{D1}} \cdot i_1 \frac{A_F}{B_F} \cdot i_2 \cdot i_{D2} \qquad (3.14)$$

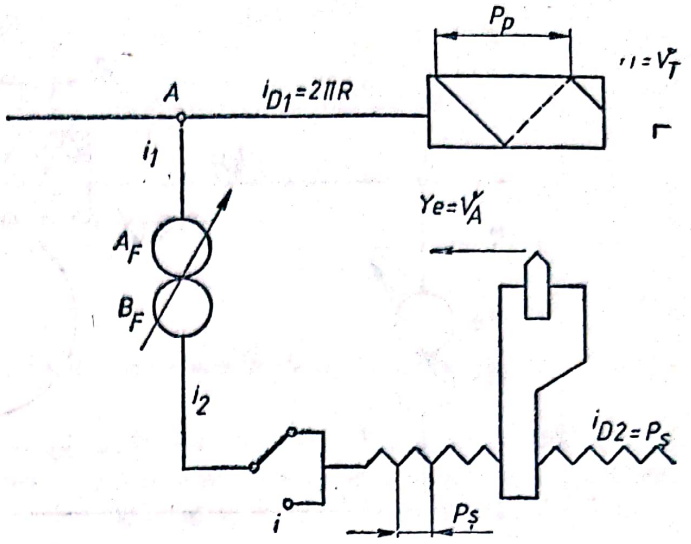


Fig. 3.7. Structura lanţului cinematic de filetare.

Formula de reglare va fi:

$$\frac{A_F}{B_F} = \frac{1}{i_1 i_2} \cdot \frac{p_p}{2\pi r} \cdot \frac{i_{D1}}{i_{D2}} = \frac{1}{i_1 i_2} \cdot \frac{p_p}{2\pi r} \cdot \frac{2\pi r}{p_s};$$

$$\frac{A_F}{B_F} = C_F \frac{p_p}{p_s}, \qquad (3.15$$

în care: C_F este constanta lanţului cinematic de filetare.

În cazul în care mecanismul de reglare este realizat cu ajutorul unu mecanism de reglare, altul decît roţile de schimb, funcţia de reglare devine:

$$i_F = C_F \frac{p_p}{p_s}. \qquad (3.16)$$

Din motive tehnologice se impune ca mişcarea din punctul A să ie constantă, pentru obţinerea unei suprafeţe de calitate corespunzătoare. În componenţa lanţului cinematic de filetare intră şi inversorul I care serveşte la realizarea filetului pe stînga sau pe dreapta. Ca mecanism de ransformare a mişcării de rotaţie în mişcare de translaţie este utilizat mecanismul şurub-piuliţă datorită preciziei ridicate cu care acesta poate ıi obţinut.

2. *Lanţul cinematic de rulare* trebuie să asigure constanţa raportului dintre v_R şi ω (2.9).

$$\frac{v_R}{R\omega} = 1 = \text{ct.}$$

Structurile lanţului cinematic de rulare depind de procedeul de rulare folosit în generarea evolventei cît şi scula aşchietoare utilizată: freză-melc modul, cuţit roată sau cuţit pieptene.

Pentru exemplificare vom prezenta varianta rulării cu dreaptă mobilă folosind ca sculă aşchietoare freza-melc modul, caz în care structura lanţului cinematic de rulare este cea prezentată în figura 3.8.

Viteza de rulare v_R se obţine din mişcarea de translaţie a profilului cremalierei de referinţă — profil care se obţine într-o secţiune normală pe elicea frezei-melc modul.

Scanned with OKEN Scanner

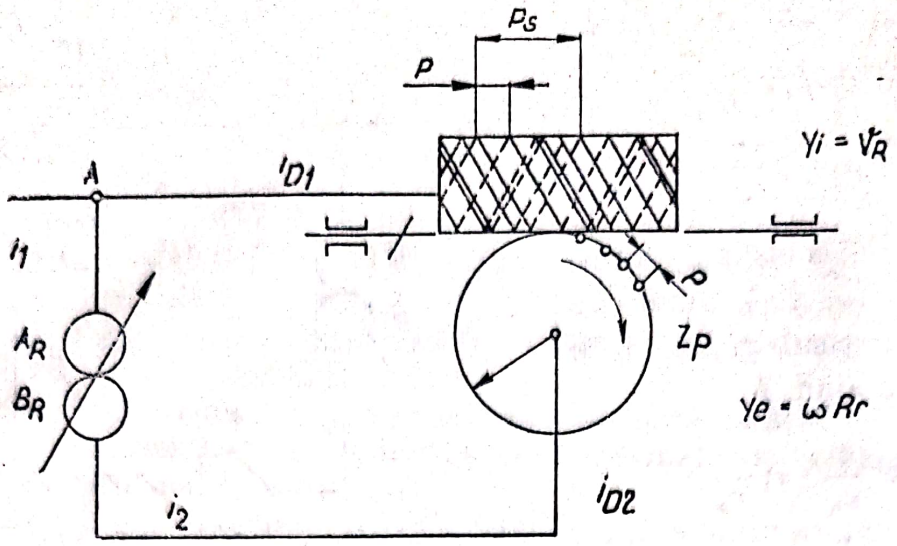


Fig. 3.8. Structura lanțului cinematic de rulare.

Translația cremalierei de referință este explicată prin proprietatea oricărei elice, ca la o rotație să se realizeze o deplasare cu un pas.

Viteza unghiulară ω caracterizează mișcarea de rotație a roții-piesă, mișcare ce trebuie corelată cu mișcarea de translație a cremalierei în vederea generării evolventei.

Mărimile de intrare și ieșire ale lanțului cinematic de rulare fiind precizate conform figurii 3.8, este posibilă scrierea ecuației de transfer:

$$\omega R_r = v_R \cdot \frac{1}{i_{D1}} \cdot i_1 \frac{A_R}{B_R} \cdot i_2 \cdot i_{D2}, \tag{3.14}$$

în care: $i_{D1} = P = k_s\, p$; k_s — numărul de începuturi a frezei-melc modul;
$i_{D2} = 2\pi R_r = mz = z_p\, p$.

Înlocuind rapoartele de transfer cunoscute și ținînd cont de condiția de generare a evolventei rezultă:

$$1 = \frac{1}{k_s p} \cdot i_1 \cdot \frac{A_R}{B_R} i_2 \cdot z_p\, p. \tag{3.15}$$

Formula de reglare a lanțului cinematic de rulare, care permite calculul roților de schimb, este:

$$\frac{A_R}{B_R} = \frac{1}{i_1 \cdot i_2} \cdot \frac{k_s}{z_p} = C_R \frac{k_s}{z_p}, \tag{3.16}$$

în care C_R este constanta lanțului cinematic de rulare.

În mod asemănător pot fi stabilite formulele de reglare și pentru celelalte strunguri ale lanțului cinematic de rulare după cum va fi arătat în capitolul 11.

Constituirea lanțului cinematic de rulare este similară cu cea a lanțului cinematic de filetare, lanțul fiind format din două ramuri, una care aparține și unui lanț cinematic tehnologic (principal sau de avans), cealaltă care este numai a lanțului cinematic de rulare. Pe această ramură sînt plasate, de obicei, roțile de schimb, utilizate ca mecanism de reglare a lanțului cinematic închis.

În cinematica mașinilor-unelte sînt întîlnite situații cînd mărimile de ieșire a două lanțuri sînt însumate algebric, în scopul obținerii unei singure

Scanned with OKEN Scanner

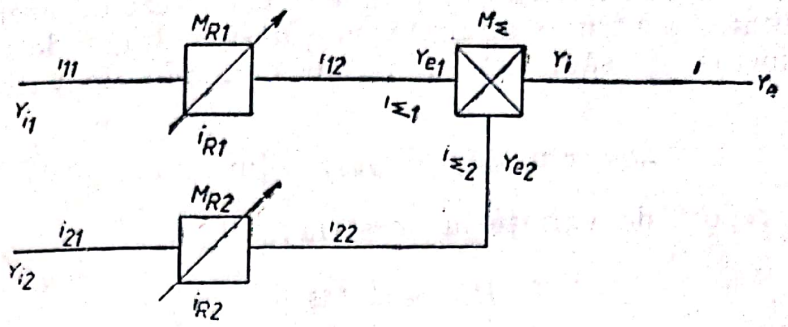


Fig. 3.9. Însumarea mărimilor de ieşire a două lanţuri.

mişcări la elementul de execuţie (generarea roţilor dinţate cilindrice cu dinţi înclinaţi, detalonarea frezelor cu canale elicoidale pentru degajarea aşchiilor, suprapunerea peste mişcarea de avans a unei mişcări de deplasare rapidă etc.).

Însumarea mai multor mărimi de ieşire este posibilă prin folosirea unui mecanism de însumare de tip mecanic (mecanism diferenţial, mecanism cu clichet, cuplaj cu role) sau hidraulic.

În figura 3.9 este prezentată o astfel de situaţie, în mecanismul de însumare M_Σ intrînd mărimea de ieşire y_{e1} şi mărimea de ieşire y_{e2}. La ieşirea din mecanismul de însumare este transmisă mărimea y_i ca mărime de intrare pentru ramura de la mecanismul de însumare la capătul caracterizat de mărimea de ieşire y_e.

Ecuaţia de transfer a unui astfel de lanţ este dată de expresia:

$$y_e = (y_{i1}\, i_{11}\, i_{R1}\, i_{12}\, i_{\Sigma 1} \pm y_{i2}\, i_{21}\, i_{R2}\, i_{22}\, i_{\Sigma 2})\, i. \qquad (3.17)$$

Toate aceste variante de legare a lanţurilor cinematice între ele în vederea constituirii cinematicii maşinii-unelte vor fi întîlnite în analiza care se va face în partea a doua a lucrării de faţă.

Considerăm necesar ca în încheierea acestui paragraf să reamintim cîteva din mecanismele care sînt folosite în legarea lanţurilor cinematice, fie că este vorba de despărţirea mişcărilor (cuplaje mecanice, cuplaje electromagnetice, cuplaje hidraulice, roţi baladoare) sau de însumarea lor (mecanisme diferenţiale cu roţi cilindrice, mecanisme diferenţiale cu roţi conice, mecanisme cu clichet, cuplaje cu role). Toate aceste mecanisme sînt folosite în funcţie de tipul maşinii, condiţiile cinematice şi constructive, condiţii tehnologice şi economice.

3.2. LANŢURI CINEMATICE GENERATOARE TEHNOLOGICE

3.2.1. Lanţul cinematic principal

După cum a fost definit, lanţul cinematic principal este lanţul cinematic generator care asigură pe traiectoria directoare, sau pe una din componentele acesteia, viteza principală de aşchiere, componenta cea mai mare a vitezei reale de aşchiere.

Traiectoriile pe care lanţul cinematic principal poate realiza viteza principală de aşchiere sînt traiectorii circulare sau rectilinii, pentru care la capătul său de ieşire trebuie să posede mecanismul corespunzător fus-lagăr (strung, maşină de frezat, de găurit etc.), sau un mecanism sanie-ghidaj (şeping, raboteză, maşină de broşat etc.).

Scanned with OKEN Scanner

Pentru prelucrarea diferitelor materiale se cer viteze de aşchiere diferite, a căror totalitate, pentru o anumită maşină-unealtă, şi deci pentru lanţul cinematic principal al său, determină un domeniu de variaţie a vitezei de aşchiere.

$$D_{va} = v_{a\,min} \ldots v_{a\,max} \quad [\text{m/min}]$$

şi un anumit report de variaţie a acesteia:

$$R_{v\,as} = \frac{v_{a\,max}}{v_{a\,min}};$$

adică al mărimilor de ieşire.

Pe de altă parte, diametrele pieselor ce pot fi prelucrate pe maşina-unealtă sau diametrele sculelor care pot fi utilizate pe o astfel de maşină, precum şi lungimile curselor ce pot fi realizate pe maşinile cu mişcare rectilinie alternativă, determină şi ele un domeniu de variaţie.

$$D_a = d_{min} \ldots d_{max}, \quad [\text{mm}]$$

respectiv:

$$D_l = l_{min} \ldots l_{max}, \quad [\text{mm}],$$

corespunzător rezultînd:

$$R_a = \frac{d_{max}}{d_{min}} \quad \text{şi} \quad R_l = \frac{l_{max}}{l_{min}}.$$

Trebuie remarcat că atît d cît şi l reprezintă raportul de transfer dimensional al mecanismului de ieşire (fus-lagăr sau sanie-ghidaj) şi este de forma:

$$i_D = \frac{\pi d}{1000}, \text{ respectiv } \frac{2l}{1000}. \quad [\text{mm}]$$

Avînd ca scop realizarea vitezei principale de aşchiere, reglabilă, pe traiectoria directoare, lanţul cinematic principal asigură, în afara funcţiilor oricărui lanţ cinematic şi unele funcţiuni specifice: pornire-oprire a mişcării, frînare, inversare şi reglare a vitezei principale, folosind în acest scop mecanisme adecvate.

Pornirea şi oprirea mişcării în lanţul cinematic principal fiind frecventă în timpul funcţionării maşinii, nu pot fi realizate numai prin pornirea şi oprirea motorului electric de antrenare, care ar fi astfel supra-solicitat dinamic cît şi termic.

Reducerea timpului necesar opririi maselor inerţiale mari, cu viteze relativ mari, necesită mecanisme de frînare care să micşoreze energia cinetică a maselor în mişcare, pentru a proteja mecanismul de oprire.

Inversarea sensului mişcării necesită mecanisme specifice în cazul mişcării de rotaţie; în cazul lanţului cinematic principal pentru mişcarea de translaţie, asemenea mecanisme sînt necesare numai dacă mecanismul de transformare a mişcării de rotaţie în translaţie nu realizează şi auto-inversarea sensului de deplasare (cum este cazul mecanismului şurub-piuliţă, pinion cremalieră, cilindru-piston — în cazul acţionării hidraulice).

Întrucît viteza de aşchiere trebuie să fie reglabilă din considerente tehnologice şi economice şi variaţia ei nu se poate realiza numai datorită

Scanned with OKEN Scanner

diametrului piesei sau lungimii acesteia, este necesară variaţia şi a turaţiei avînd în vedere relaţiile (2.1) şi (2.2).

Reglarea parametrului n este posibilă în trepte sau continuu.

Plecînd de la relaţia:

$$n = n_0 i_r, \tag{3.18}$$

în care n_0 este turaţia motorului (electric, hidraulic rotativ), iar i_r este raportul total de transmitere al mecanismelor din întregul lanţ cinematic, rezultă că:

— reglarea în trepte poate fi realizată, dacă mecanismul de reglare permite, pentru fiecare turaţie a motorului de antrenare, obţinerea unui număr q de turaţii la ieşire;

— reglarea continuă necesită fie motor de turaţie reglabilă continuu, fie mecanism de reglare cu variaţie continuă a mărimii de ieşire.

Luînd în considerare cele prezentate, structura lanţului cinematic principal poate avea variantele din figura 3.10.

În figura 3.10, *a* este arătată structura lanţului cinematic principal pentru mişcare principală pe traiectorie directoare circulară; motorul electric de antrenare M_E, mecanismul de pornire-oprire P_0, mecanismul de inversare I, mecanismul de reglare M_R, frîna şi mecanismul final de tip fus lagăr.

Structura din figura 3.10, *b* se referă la un lanţ cinematic principal pentru mişcare alternativă pe traiectorie directoare rectilinie, folosind un mecanism de transformare a mişcării de rotaţie în translaţie cu autoinversare de tip bielă-manivelă sau cu culisă oscilantă (mecanisme folosite la maşinile din categoria celor de mortezat — şeping). Ca urmare a acestui fapt nu mai este necesară prezenţa inversorului.

Inversorul lipseşte din structura lanţului cinematic principal la variantele de maşini-unelte care folosesc inversarea sensului de rotaţie pe cale electrică (maşini de găurit: ex. G 40; maşini de frezat: ex. FU 320 etc.).

În fine, în figura 3.10, *c* este evidenţiată structura unui lanţ cinematic principal pentru mişcare continuă pe traiectorie directoare rectilinie; varianta este întîlnită la maşini-unelte pentru broşat sau la maşini-unelte pentru debitare, acestea din urmă avînd soluţii constructive şi cinematice care le permite automatizarea folosind comandă după program. Pentru aceste maşini-unelte, viteza de aşchiere fiind constantă ca mărime şi sens, lanţul nu conţine mecanisme de inversare, reglare sau frînare.

Fără să ne oprim în detaliu, considerăm necesar să trecem în revistă cîteva din mecanismele care participă la constituirea structurii lanţurilor

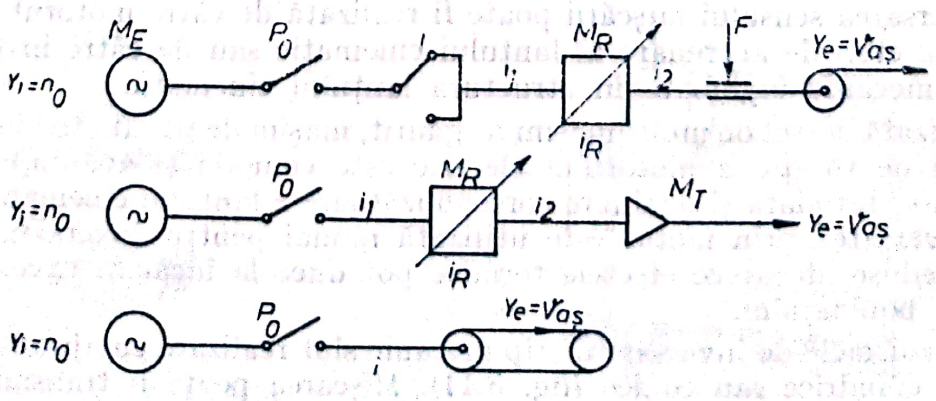


Fig. 3.10. Variante structurale ale lanţului cinematic principal.

cinematice principale. Amănunte despre unele dintre acestea fac obiectul unor alte discipline ale planului de învăţămînt: organe de maşini şi mecanisme.

Mecanismele de pornire-oprire a mişcării au funcţia de cuplare-decuplare a unor roţi cu arborii lor sau a doi arbori, în vederea pornirii sau opririi mişcării, a inversării sensului de rotaţie sau a schimbării rapoartelor de transmitere.

Aceste mecanisme îndeplinesc o serie de condiţii: realizarea cu uşurinţă a cuplării şi decuplării, siguranţă în funcţionare, rezistenţă termică şi la uzură datorită frecvenţei mari de cuplare, reglare uşoară, timpi minimi de cuplare şi decuplare.

O categorie a mecanismelor de pornire-oprire este formată de cuplajele mobile rigide care se caracterizează prin transmiterea rigidă a mişcării între cele două semicuple, motiv pentru care vor fi întîlnite şi în componenţa lanţurilor cinematice generatoare complexe. Problema cuplajelor mobile rigide constă în imposibilitatea de a fi acţionate în timpul mersului. Ele nu pot fi cuplate decît dacă ambele semicuple staţionează.

Utilizarea cuplajelor mobile nerigide rezolvă această problemă, dar caracterizate prin existenţa unor alunecări între cele două semicuple nu pot fi folosite în lanţurile cinematice generatoare complexe.

Transmiterea cuplului de torsiune este realizată prin forţele de frecare între suprafeţele de contact, de formă conică sau plană, ale celor două semicuple.

Faţă de cuplajele mobile rigide, cuplajele nerigide numite şi ambreiaje, prezintă unele avantaje: cuplarea poate fi realizată lin, fără şocuri la diferenţe mari de turaţii între cele două semicuple, în timpul mersului (la suprasarcini, ambreiajul patinează, evitînd deformaţiile sau distrugerea unor elemente ale lanţului cinematic).

În vederea automatizării maşinilor-unelte sînt folosite ambreiajele cu acţionarea hidraulică sau electromagnetică.

Mecanismele de frînare preiau energia cinetică a maselor care, după întreruperea mişcării de la sursa de antrenare, continuă să se rotească în virtutea inerţiei.

În acest mod este redus timpul auxiliar necesar opririi, fiind asigurată mărirea productivităţii în special la maşinile-unelte universale, caracterizate de întreruperi frecvente, solicitate mai ales de necesitatea măsurării cotei realizate. Din punct de vedere constructiv frînele folosite la maşinile-unelte sînt de tipul ambreiajelor, una din semicuple fiind solidară cu carcasa. Amplasarea mecanismelor de frînare este realizată pe arbori cu valori ale turaţiei ridicate.

Inversarea sensului mişcării poate fi realizată de către motorul (electric, hidraulic etc.) de antrenare al lanţului cinematic sau de către inversoarele de tip mecanic înglobate în structura lanţului cinematic.

Utilizată destul de mult (maşini de găurit, maşini de frezat etc.) inversarea sensului de rotaţie a motorului electric este comodă şi avantajoasă, asigurîndu-se totodată şi o frînare corespunzătoare a lanţului cinematic principal. Inversarea prin motor este utilizată numai pentru inversări cu frecvenţe reduse, deoarece efectele termice pot duce la încălziri excesive şi la arderea bobinajului.

Mecanismele de inversare de tip mecanic sînt realizate cu ajutorul roţilor dinţate cilindrice sau conice (fig. 3.11). Mişcarea poate fi transmisă între arborele conducător şi cel condus pe două căi.

Scanned with OKEN Scanner

Mecanismele cu roți dințate cilindrice sînt constituite din 5 roți dințate, mișcarea transmițîndu-se între arbori paraleli, în timp ce la mecanismele cu roți dințate conice sînt suficiente doar trei roți, mișcarea transmițîndu-se de data aceasta între arbori perpendiculari.

După cum a fost precizat anterior, mișcarea principală este realizată pe traiectorii directoare avînd formă circulară sau rectilinie.

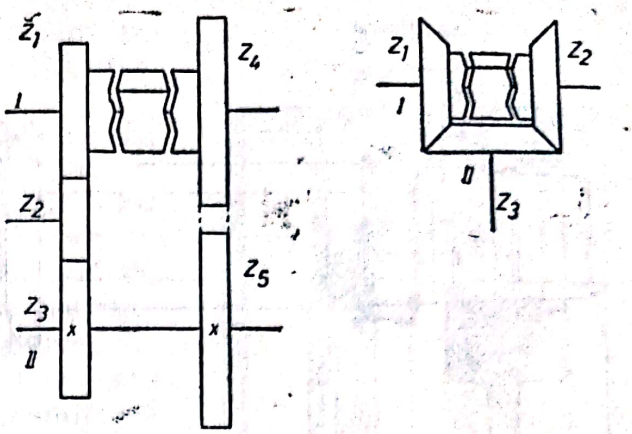


Fig. 3.11. Mecanisme de inversare.

Mișcarea principală de rotație este folosită la numeroase tipuri de mașini-unelte: strunguri (normale, revolver, frontale, automate multiaxe, de detalonat), mașini de frezat (orizontale, verticale, universale), mașini de găurit (de masă, cu coloană, cu montant, rigide, în coordonate) mașini de alezat și frezat etc.

Mecanismul fus-lagăr (arborele principal al mașinii-unelte), ultimul mecanism al lanțurilor cinematice principale pentru mișcarea de rotație, are rolul de a primi mișcarea de rotație și momentul de torsiune și de a susține piesa supusă prelucrării sau scula aşchietoare. Precizia mișcărilor ce le execută mecanismul fus-lagăr influențează direct forma suprafeței prelucrate.

Majoritatea arborilor principali au numai o mișcare de rotație (strunguri, mașini de frezat, mașini de rectificat); la unele tipuri de mașini-unelte arborele principal execută, pe lîngă mișcarea de rotație (mișcare principală) și o mișcare de translație axială, cu viteze mici (mișcare de avans) — cazul mașinilor de găurit.

Numărul elementelor montate pe arborele principal (roți dințate, pene, bucșe etc.) este redus la minim, iar poziția acestora cît mai apropiată de punctele de reazem (lagăre de alunecare sau rulmenți).

Lagărele folosite la mașinile-unelte asigură la toate turațiile și încărcările arborilor precizia mișcării pe direcția radială și axială. Durabilitatea lagărelor este de ordinul a 8.000 ... 10.000 ore pentru lagărele de alunecare și 5.000 pentru lagărele de rulare (rulmenți).

Lagărele de alunecare, utilizate mai rar, îndeosebi la arbori cu turații foarte mari, cu precizie radială și axială ridicată, sînt construite în variante ce le asigură reglarea jocului radial (fig. 3.12) datorită suprafeței conice, prin deplasarea axială a cuzinetului.

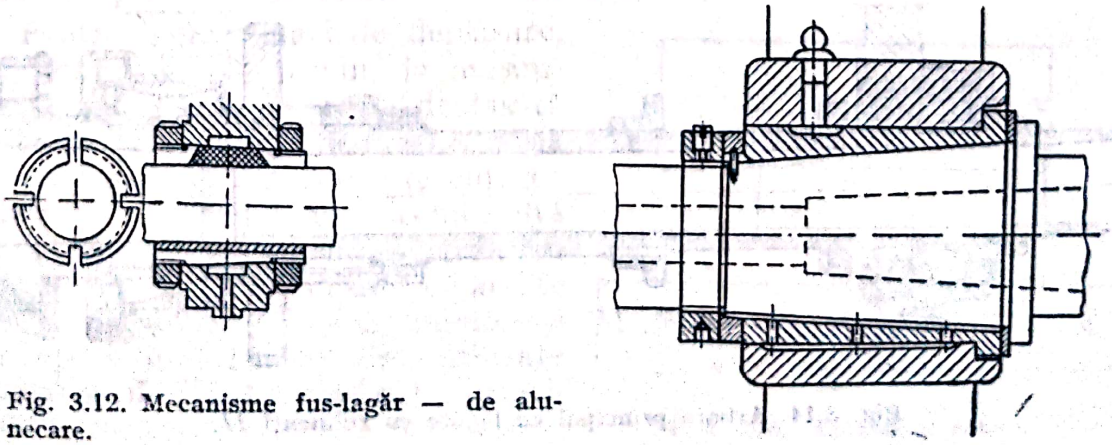


Fig. 3.12. Mecanisme fus-lagăr — de alunecare.

Scanned with OKEN Scanner

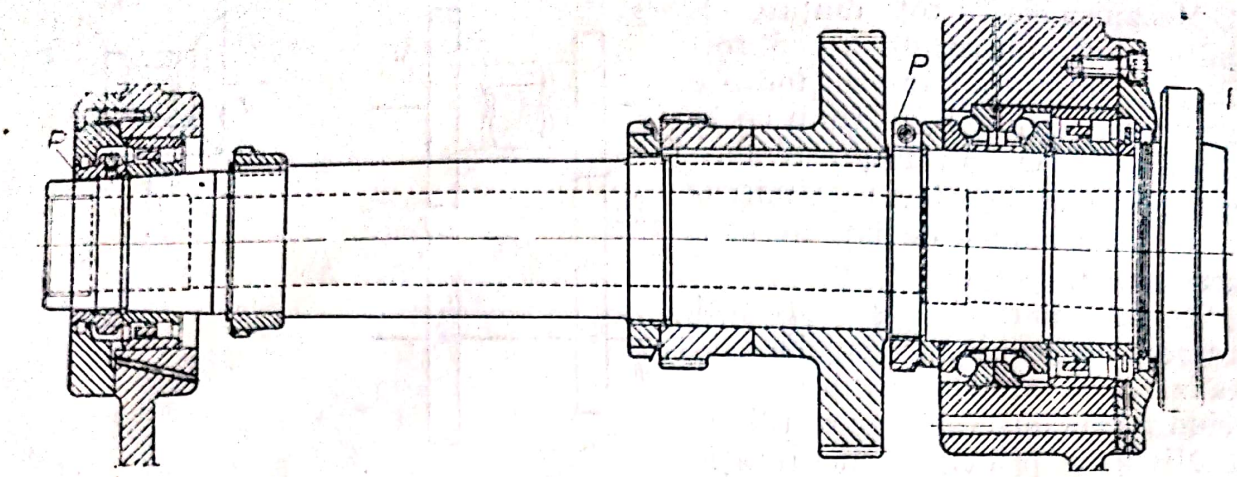


Fig. 3.13. Arbore principal cu lagăre cu rulmenți *I*.

La unele mașini-unelte construite în anii din urmă sînt folosite lagăre hidrostatice, care permit frecarea lichidă între fus și cuzinet pentru domenii largi de variație a turațiilor inclusiv la turații mici. Lagărele hidrostatice avînd o precizie ridicată și o rigiditate sporită funcționează pe baza introducerii lubrifiantului sub presiune în lagăr, astfel că pelicula portantă, care separă suprafața arborelui de cea a cuzinetului, se păstrează și la viteze reduse, și la porniri și opriri, evitîndu-se uzura lagărului.

Lagărele de rulare sînt folosite pe scară largă în construcția de mașini-unelte, inclusiv la arborii principali. Condițiile severe impuse preciziei mișcării arborilor principali, rigidității și stabilității lor la vibrații au determinat utilizarea unor rulmenți speciali, cu două rînduri de role cilindrice, care au inele foarte subțiri (STAS 6190—68), alezajul inelului interior fiind conic (conicitate 1 : 12), figura 3.13. Datorită alezajului conic, pentru strîngerea pe arbore a piuliților *P*, inelele interioare sînt deplasate elastic mărindu-și diametrele, micșorînd astfel jocul radial, mărind precizia. Acești rulmenți nu pot prelua sarcini axiale, pe arbore fiind montați și rulmenți radiali axiali sau axiali. Pentru reglarea jocului radial și a celui axial în construcția arborilor principali este folosită și varianta prezentată în figura 3.14, utilizînd în acest fel rulmenți radiali-axiali cu două rînduri de role sau un singur rînd.

În cazul arborilor principali care trebuie să realizeze și mișcarea de translație, soluția constructivă este cea arătată în figura 3.15, reglarea lagărelor fiind cea mai dificilă, datorită accesului greoi. Forțele mai mari

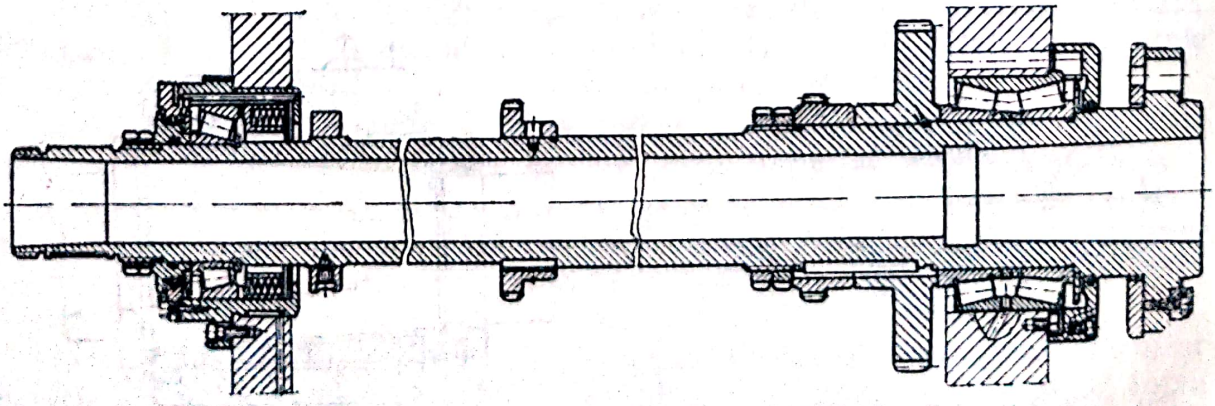


Fig. 3.14. Arbore principal cu lagăre cu rulmenți *II*.

Scanned with OKEN Scanner

pe care trebuie să le preia arborele sînt pe direcţie axială, rulmenţii radiali folosiţi fiind de dimensiuni mai mici.

Pentru lanţurile cinematice principale cu mişcare de rotaţie, capătul arborelui principal trebuie să permită montarea dispozitivelor pentru fixarea piesei sau sculei. Astfel la strunguri este utilizat cap de arbore principal cu filet (STAS 1651—50) sau cu con de centrare (v. cap. 5). La maşinile de frezat universale (v. cap. 7) dornul sau freza cu coadă se centrează pe con Morse sau ISO, transmiterea momentului de torsiune realizîndu-se cu pastile de antrenare. Arborele principal de la maşinile de găurit permite fixarea sculei în con Morse sau ISO (v. cap. 6).

Mişcarea principală pe traiectorii directoare rectilinii este mai restrînsă decît a mişcării principale pe traiectorii circulare.

Mişcarea principală rectilinie se obţine prin transformarea mişcării de rotaţie în mişcare de translaţie cu ajutorul mecanismului corespunzător cu autoinversare (bielă-manivelă sau culisă oscilantă) — (ex. şeping) sau fără autoinversare (pinion-cremalieră, şurub-piuliţă, melc-cremalieră melcată) — (ex. maşini de rabotat). Ultimul mecanism al lanţului cinematic pentru mişcarea rectilinie este constituit din cuplul sanie-ghidaj.

Ghidajele au drept scop materializarea traiectoriilor pe care sînt conduse, în timpul funcţionării, elementele mobile (berbecul — la şeping, masa la maşina de rabotat etc.). În cazul traiectoriilor rectilinii ghidajele sînt limitate de un număr de suprafeţe de ghidare plane sau combinaţii de suprafeţe plane.

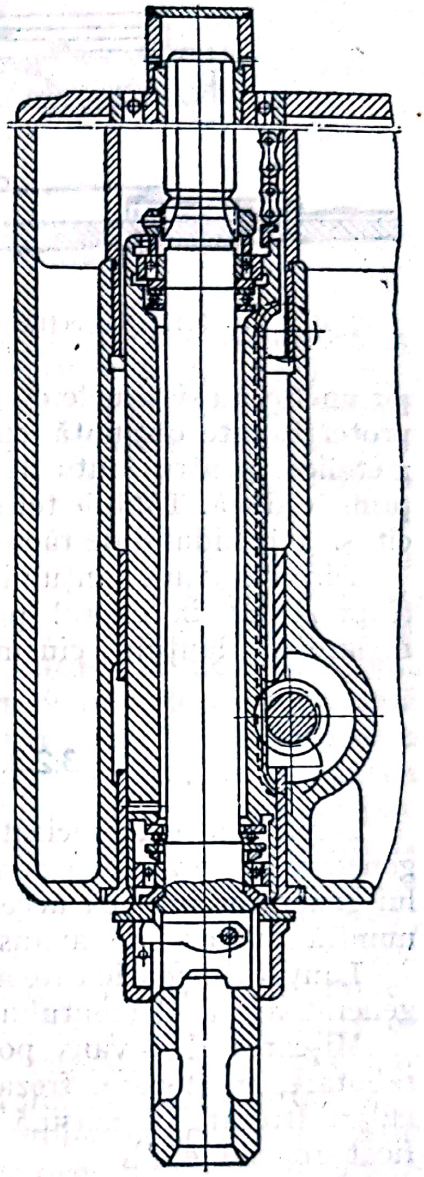


Fig. 3.15. Arbore principal cu lagăre cu rulmenţi *III*.

În figura 3.10 sînt arătate cîteva tipuri de profile de ghidaje rectilinii întîlnite la maşinile cu mişcarea principală de translaţie, evidenţiate fiind modalităţile de reglare a jocului în vederea asigurării valorilor prescrise conform preciziei de realizare a mişcării.

Pentru viteze mari de deplasare, mai mari de 10 m/min, la maşini-unelte grele, seria poate fi deplasată pe batiu pe o peliculă de ulei în formă de pană sarcină exterioară (greutatea piesei şi a saniei), fiind echilibrată de presiuni hidrodinamice printr-o curgere continuă. De reţinut că aceste ghidaje cu frecare lichidă, numite şi ghidaje hidrodinamice sînt utilizate numai pentru lanţul cinematic principal.

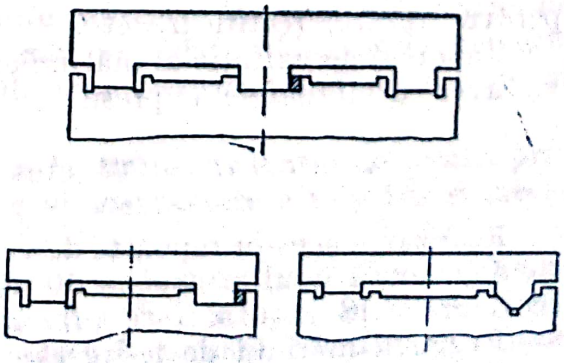


Fig. 3.16. Mecanisme sanie-ghidaj.

Scanned with OKEN Scanner

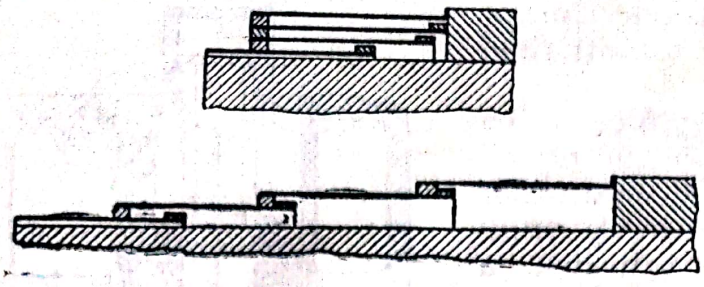


Fig. 3.17. Protecția ghidajelor.

Protecția ghidajelor este importantă pentru asigurarea condițiilor normale de exploatare sau chiar a unora mai avantajoase. S-a dovedit în exploatare că la o ungere suficientă și ghidaje bine protejate, acestea nu prezintă uzuri sensibile nici după ani de funcționare. Ca urmare, în prezent, majoritatea mașinilor-unelte au sistemele de ghidare cu elemente de protecție. Cea mai sigură protecție este obținută cu burdufuri gofrate, tăblii telescopice și benzi metalice, pentru lanțurile cinematice principale fiind folosite, mai ales, primele două. Tăbliile telescopice sînt mai eficiente atît împotriva așchiilor, cît și a lichidului de răcire, prezentînd totodată și rezistență în funcționare.

Din structura lanțului cinematic principal, mecanismul de reglare va fi prezentat în cadrul paragrafului 3.2.3. împreună cu mecanismele de reglare ale lanțului cinematic de avans.

3.2.2. Lanțul cinematic de avans

După cum s-a precizat în paragraful destinat cinematicii procesului de generare a suprafețelor pe mașinile-unelte, poziționarea repetată a elementului generator implică necesitatea unei mișcări relative între piesă și sculă, numită mișcare de avans.

Lanțul cinematic care asigură poziționarea ciclică pe una din traiectoriile generatoare a elementului generator este numit lanț cinematic de avans.

Mișcarea de avans poate avea loc pe traiectorii rectilinii (strunjire, rabotare, mortezare, frezare plană, rectificare etc.) sau pe traiectorii circulare (frezare pe mașină cu masă rotativă, rectificare pe mașini de rectificat rotund etc.).

Lanțul cinematic de avans trebuie să asigure la capătul de ieșire un domeniu de avansuri:

$$D_s = s_{min} \ldots s_{max} \quad [\text{mm/rot}]\,;\ [\text{mm/c.d.}]$$

pentru strunjire, găurire, rabotare, mortezare, rectificare, sau de viteze de avans

$$D_w = w_{min} \ldots w_{max} \quad [\text{mm/min}]$$

pentru frezare, rectificare etc.

Raportul de variație al mărimilor de ieșire din lanțul cinematic de avans va avea următoarele expresii:

$$R_s = \frac{s_{max}}{s_{min}}, \text{ respectiv: } R_w = \frac{w_{max}}{w_{min}}.$$

Realizarea acestor rapoarte de variație necesită prezența în lanțul cinematic de avans a unui mecanism de reglare M_R, după cum poate fi remarcat în figura 3.18 în care este prezentată structura lanțului.

Reglarea mărimii de ieșire este posibil de a fi realizată în trepte sau continuu. În ceea ce privește structura mecanismelor de reglare, precizările

Scanned with OKEN Scanner

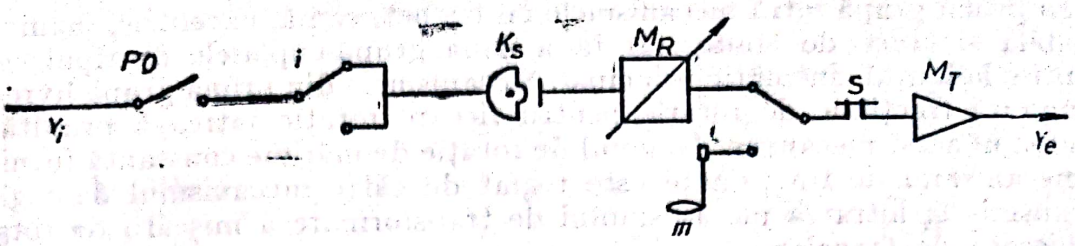


Fig. 3.18. Structura lanțului cinematic de avans.

care se impun vor fi făcute în cadrul paragrafului următor. Considerăm necesar să arătăm că noile tipuri de mașini-unelte (v. cap. 6, 7, 12) utilizează în proporție destul de mare reglarea continuă în variante care permit structuri simple ale lanțului cinematic de avans. Problema care se cere rezolvată este asigurarea preciziei de deplasare, care de altfel nu reprezintă ceva nou pentru lanțul cinematic de avans.

În afara mecanismului de pornire-oprire *PO* și a celui de inversare a sensului mișcării *I*, în structura lanțului cinematic de avans sînt prezente unele mecanisme specifice, cum ar fi: mecanismul de fracționare a mișcării K_s (numai dacă avansul este periodic, acționarea ultimului mecanism fiind făcută pe o durată de timp limitată), un mecanism de introducerea manuală a mișcării folosind manivela sau roata de mînă *m* (necesar cel puțin pentru reglarea inițială a poziției relative dintre piesă și sculă); un mecanism de siguranță *S*, pentru protecția contra suprasolicitărilor accidentale (are rolul de a decupla transmiterea mișcării în lanțul cinematic de avans la depășirea unui anumit moment de torsiune care ar conduce la distrugerea elementelor componente sau chiar a mașinii-unelte — are rol de protecție); un mecanism de transformare a mișcării de rotație în mișcare de translație M_T (numai pentru lanțurile cinematice de avans cu mișcare rectilinie).

De menționat că întrucît vitezele de avans sînt mici comparativ cu vitezele principale de așchiere, în vederea opririi mișcării nu sînt necesare mecanisme speciale de frînare (ca în cazul lanțului cinematic principal); realizarea vitezelor de avans foarte mici este o problemă specifică acestui lanț cinematic, care solicită variante constructive deosebite a căror funcționare și exploatare vor fi luate în discuție în partea a doua a lucrării.

După cum a fost arătat în paragraful referitor la constituirea cinematicii mașinilor-unelte lanțul cinematic de avans poate fi acționat independent (mărimea de ieșire va fi viteza de avans) sau dependent de lanțul cinematic principal (mărimea de ieșire va fi avans, respectiv viteză de avans dacă se ia în considerare mărimea de ieșire a lanțului cinematic principal: $w = s \cdot n_a$).

Lanțul cinematic principal transmite mișcare lanțului cinematic de avans într-un punct situat după mecanismul de reglare al lanțului cinematic principal, fapt care conduce la simplificarea mecanismului de reglare al lanțului cinematic de avans.

Din categoria mecanismelor specifice lanțului cinematic de avans probleme mai deosebite ridică mecanismele de fracționare a mișcării și mecanismele de siguranță.

Mecanismele de fracționare a mișcării de rotație (întrucît sînt amplasate înaintea mecanismului de transformare) pot fi împărțite în două grupe distincte, funcție de modul în care realizează această operație și anume prin: autocomandă sau comandă exterioară.

Scanned with OKEN Scanner

În prima grupă intră mecanismele cu clichet, camă, excentric, manivelă reglabilă şi cruce de Malta, iar în a doua grupă-cuplajele de tipul celor amintite la lanţul cinematic principal. Mecanismele din prima grupă livrează o anumită fracţiune de rotaţie pentru fiecare rotaţie întreagă primită la intrarea în acest mecanism. Unghiul de rotaţie de mărime constantă furnizat de mecanismul de fracţionare este reglat de către mecanismul de reglare şi transmis la intrarea mecanismului de transformare a mişcării de rotaţie în mişcare de translaţie.

Mecanismele de siguranţă diferă de la maşină-unealtă la maşină-unealtă în funcţie de soluţia constructivă aleasă de proiectant; în unele cazuri ele asigură şi obţinerea unei deplasări precise programate de lucrător (strunguri, maşini de găurit).

În funcţie de natura lor pot fi mecanice (cu posibilitatea de reglare a momentului de torsiune maxim ce poate fi transmis) sau electrice (avînd la bază cuplaje electromagnetice comandate cu microlimitatori — de ex. strungul revolver SRO 25).

În ceea ce privesc mecanismele de transformare a mişcării de rotaţie în mişcare de translaţie sînt folosite pe scară largă mecanismele fără autoinversare de tipul mecanismului cu pinion-cremalieră (strunguri-normale, strunguri revolver, maşini de găurit), şurub-piuliţă (maşini de frezat, unele strunguri carusel), melc-cremalieră melcată (maşini-unelte grele) sau cu autoinversare camă tachet (strunguri automate monoax sau multiaxe).

Pentru asigurarea creşterii preciziei de deplasare sînt utilizate în prezent, în special la maşinile-unelte care solicită acest lucru, mecanisme şurub-piuliţă hidrostatice sau şurub-piuliţă cu elemente intermediare.

Mecanismul şurub-piuliţă hidrostatic prezintă unele avantaje între care: lipsa contactului între flancurile filetului şurubului şi piuliţei (materialele nu necesită tratamente speciale), uzură redusă, durabilitate ridicată şi randament bun, nu necesită dispozitive de reglare a jocului. Problema care se pune este păstrarea peliculei de lubrifiant la o grosime constantă indiferent de mărimea sarcinii axiale din şurub.

Mecanismul şurub-piuliţă cu elemente intermediare (numit şi şurub cu bile) asigură precizii ridicate ale deplasării elementului acţionat. Randamentul acestor mecanisme este foarte ridicat, depinzînd de unghiul de înclinare a elicei filetului, în rest prezintă aceleaşi avantaje ca şi ale lagărelor cu rulmenţi în comparaţie cu lagărele de alunecare.

Întrucît mişcarea de avans pe traiectorie rectilinie este mai răspîndită, considerăm necesar să subliniem cîteva chestiuni specifice cu privire la ultimul mecanism al lanţului cinematic de avans, mecanismul saniei-ghidaj.

Pentru a asigura precizia deplasării, ca direcţie sînt folosite ghidaje cu profil în *A* sau *V* sau combinaţii ale acestora cu ghidaje plane pentru asigurarea portanţei necesare, figura 3.19, (strunguri, maşini de frezat, maşini de rectificat).

Este folosit de asemenea pentru ghidarea săniilor de dimensiuni mai mici ghidajul cu profil în coadă de rîndunică (fig. 3.20).

Datorită vitezelor de avans a căror valoare este redusă, mişcarea de avans este uneori însoţită de fenomenul de stik-slip avînd ca efect o deplasare sacadată însoţită de vibraţii cu rezultate cu totul nesatisfăcătoare asupra suprafeţei prelucrate. O modalitate de eliminare a acestui fenomen negativ a fost înlocuirea frecării mixte între suprafeţele în contact ale saniei şi ghidajului cu frecare lichidă-ghidaje hidrostatice. Acestea se bazează

Scanned with OKEN Scanner

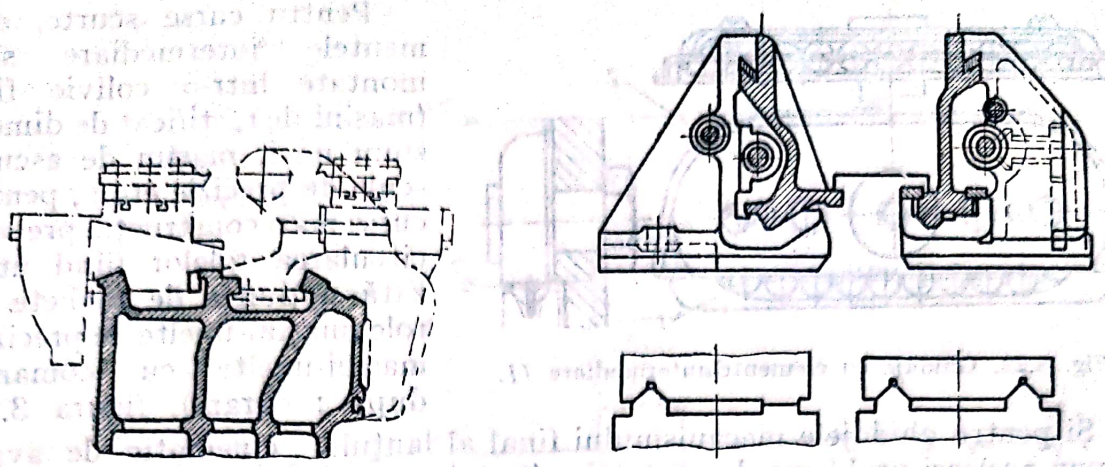


Fig. 3.19. Ghidaje combinate folosite în mișcarea de avans.

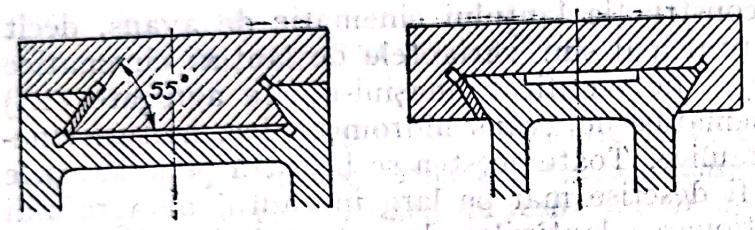


Fig. 3.20. Ghidaje coadă de rîndunică.

pe crearea unei pelicule de ulei între sanie și ghidaj, capabilă să preia forțele active și și-au găsit aplicare la mașini de alezat și frezat cu montanți deplasabili, mașini de frezat longitudinal, strunguri carusel etc.). O altă posibilitate aplicabilă și la mașini-unelte mici este utilizarea ghidajelor cu elemente intermediare (fig. 3.21). Avantajele acestor ghidaje sînt: uzura redusă; durabilitatea mare; uniformitatea deplasării saniei; determină o poziție precisă a saniei în direcție perpendiculară pe planul de mișcare, indiferent de mărimea sarcinii.

Dezavantajele ghidajelor cu elemente intermediare (cu role) constau mai mult în problemele constructive și tehnologice și mai puțin în cele care privesc exploatarea.

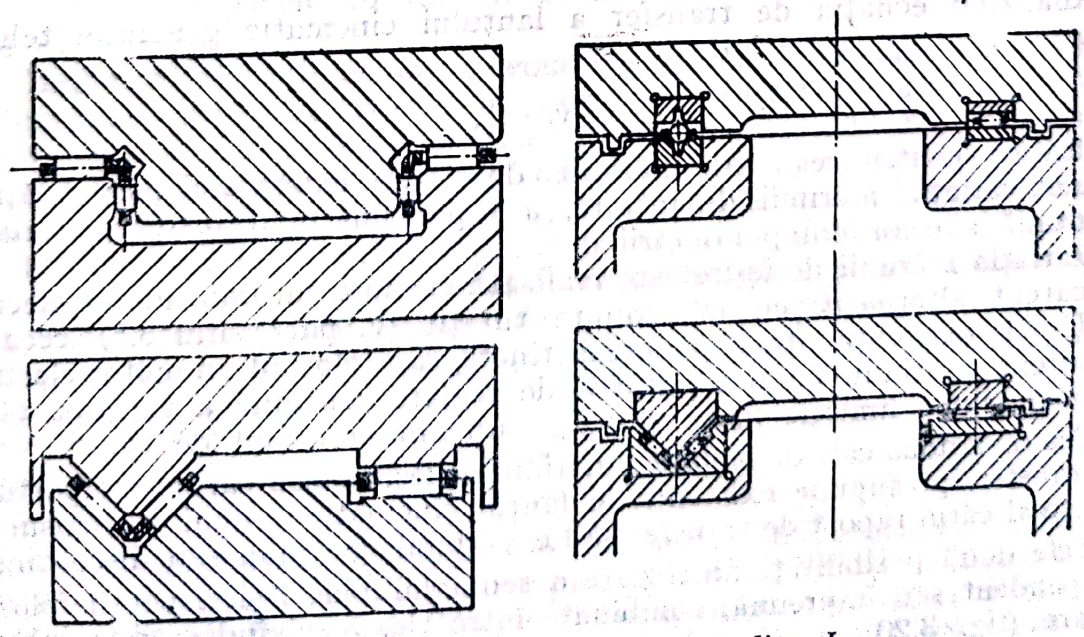


Fig. 3.21. Ghidaje cu elemente intermediare *I*.

Scanned with OKEN Scanner

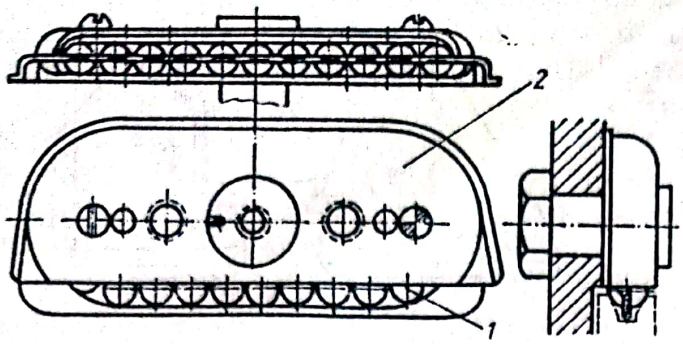


Fig. 3.22. Ghidaje cu elemente intermediare *II*.

Pentru curse scurte, elementele intermediare sînt montate într-o colivie fixă (maşini de rectificat de dimensiuni mici, maşini de ascuţit scule de precizie etc.) ; pentru curse mari construcţia prevede circularea rolelor fiind utilizată noţiunea de tachete cu role (maşini-unelte de precizie, maşini-unelte cu comandă după program), figura 3.22.

Şi pentru ghidajele mecanismului final al lanţului cinematic de avans se pun aceleaşi probleme de protecţie cît şi de ungere ca şi în cazul lanţului cinematic principal.

Mult mai răspîndite în construcţia lanţului cinematic de avans, decît în cea a lanţului cinematic principal sînt variantele de lanţuri cinematice de avans hidraulice (la maşini de rectificat, maşini-unelte agregate etc.) sau combinate — lanţuri cinematice de avans hidromecanice, lanţuri cinematice de avans pneumohidraulice. Toate acestea se bazează pe avantajele acţionării hidraulice ce vor fi descrise mai pe larg în cadrul paragrafului 3.4, cît şi structura şi funcţionarea lanţurilor de natură hidraulică.

3.2.3. Reglarea lanţurilor cinematice generatoare tehnologice

Dintre mecanismele componente ale lanţurilor cinematice generatoare tehnologice, unul are caracteristici care îl diferenţiază prin funcţie, prin cinematică şi construcţie de toate celelalte — mecanismul de reglare.

Acest mecanism trebuie să asigure reglarea mărimii de ieşire astfel încît să fie realizată valoarea optimă a vitezei de aşchiere sau a vitezei de avans, impusă de procesul de aşchiere.

Analizînd ecuaţia de transfer a lanţului cinematic generator tehnologic :

$$y_e = y_i \cdot i_x,$$

rezultă că pentru reglarea mărimii de ieşire există trei posibilităţi şi anume : variaţia mărimii de intrare, a raportului de transfer şi variaţia simultană a celor doi parametrii.

Variaţia mărimii de ieşire este realizată cu ajutorul unui motor electric de curent alternativ cu mai multe turaţii (v. paragraful 3.5), ceea ce conduce la existenţa cîtorva valori distincte, sau folosind un motor electric, de curent continuu cu posibilitatea de reglare continuă a turaţiei, obţinîndu-se, între limitele $n_{0\,min}$ şi $n_{0\,max}$, un număr infinit de valori.

Cea de-a doua cale de reglare a mărimii de ieşire, prin varianta raportului de transfer, presupune existenţa în lanţul cinematic a unui mecanism de reglare al cărui raport de transfer să fie variabil continuu sau discontinuu.

Cele două posibilităţi de reglare a semnalului de ieşire, pot fi folosite independent sau împreună, combinate între ele, rezolvînd a treia cale de reglare (fig. 3.23).

Scanned with OKEN Scanner

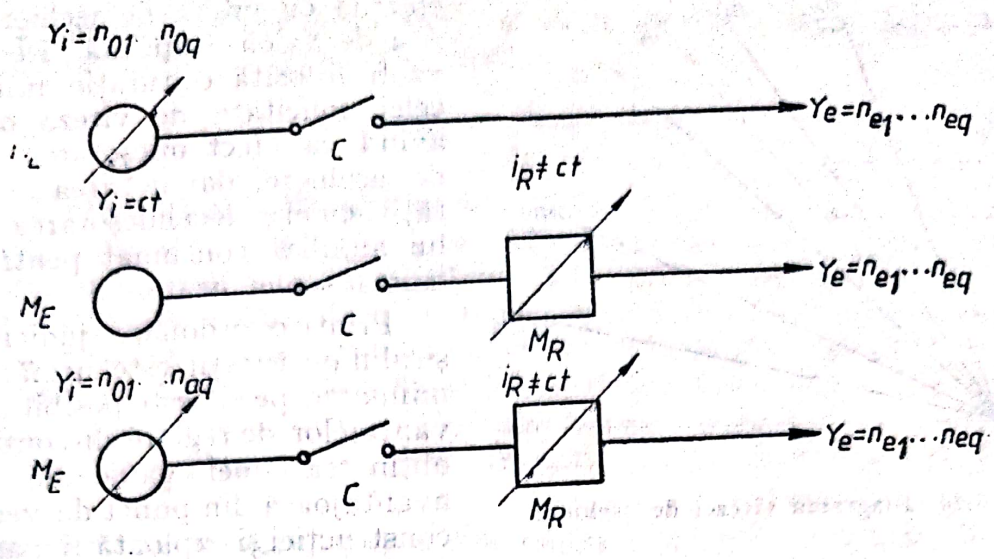


Fig. 3.23. Variante pentru reglarea mărimii de ieşire.

Din cele prezentate se desprinde ideea că există două modalităţi de reglare a lanţurilor cinematice generatoare tehnologice : reglarea discontinuă — rezultînd pentru mărimea de ieşire un şir de valori discrete ; reglarea continuă — între cele două mărimi extreme ale mărimii de ieşire înscriindu-se un număr infinit de valori.

În prezent toate cele trei posibilităţi de reglare a mărimii de ieşire, cît şi cele două modalităţi de reglare a lanţurilor cinematice generatoare tehnologice sînt întîlnite la maşinile-unelte din dotarea întreprinderilor constructoare de maşini, a secţiilor şi atelierelor prelucrătoare prin aşchiere.

3.2.3.1. **Reglarea discontinuă a lanţurilor cinematice generatoare tehnologice.** Marea majoritate a maşinilor-unelte aflate în exploatare, în prezent, sînt prevăzute cu mecanisme de reglare discontinue (în trepte) de tipul cutiilor de viteze pentru lanţul cinematic principal sau cutiilor de avansuri pentru lanţul cinematic de avans. Pentru ambele tipuri de lanţuri sînt utilizate mecanismele cu roţi de schimb sau transmisiile cu curea cu conuri în trepte.

Indiferent cărui tip de lanţ cinematic generator tehnologic îi este destinat mecanismul de reglare discontinuu, primeşte la intrare o mărime — o turaţie de valoare n_i, iar la ieşire furnizează o gamă de mărimi — o gamă de turaţii (sau fracţiuni de turaţii) compusă dintr-un număr de valori fixe, limitată de o valoare maximă $n_{e\,max}$ şi o valoare minimă $n_{e\,min}$. Numărul de turaţii din acest interval depinde de structura mecanismului de reglare, iar ordonarea lor, respectiv relaţia dintre turaţiile gamei, trebuie să corespundă unor condiţii impuse de procesul de aşchiere.

Astfel considerînd că viteza principală de aşchiere pe traiectorii circulare este dată de relaţia (2.2) :

$$v_a = \frac{\pi d n}{1000} \quad [\text{m/min}].$$

Aşchierea cu viteza optimă a pieselor din materiale diferite, avînd diametre diferite d, necesită valori, pentru parametrul n, corespunzătoare tuturor combinaţiilor dintre v_a şi d. Cum acest lucru nu este posibil, în cazul reglării discontinui a turaţiei rezultă că în cele mai multe cazuri aşchierea se va

Scanned with OKEN Scanner

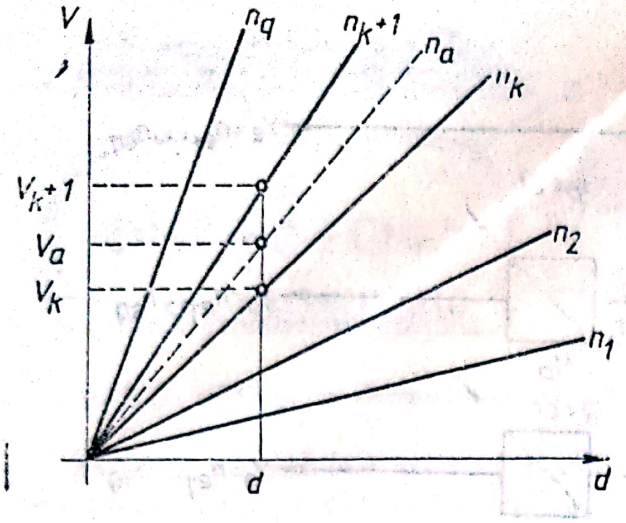


Fig. 3.24. Diagrama vitezei de aşchiere.

efectua cu viteze de aşchiere diferite de valoare optimă. De regulă va fi folosită o turaţie inferioară celei solicitate de viteza optimă, avînd ca efect micşorarea vitezei de aşchiere, dar mărirea durabilităţii sculei şi deci micşorarea timpului auxiliar consumat pentru înlocuirea sculei uzate.

Printr-o ordonare judicioasă a şirului de turaţii este urmărită diminuarea pe cît este posibil a dezavantajelor de reglare discontinuă şi obţinerea unei game de turaţii avantajoasă din punct de vedere al construcţiei şi exploatării maşinilor-unelte.

Reprezentînd grafic relaţia (2.2), după cum arată figura 3.24, prelucrarea unei piese de diametru d folosind viteza economică v_a duce la necesitatea unei turaţii n_a, turaţie care nu poate fi practic realizată. Datorită construcţiei mecanismului de reglare turaţiile ce sînt obţinute: $n_1, n_2, \ldots, n_k, n_{k+1}, \ldots, n_q$, permit pentru diametrul prelucrat utilizarea vitezelor de aşchiere: $v_1, v_2, \ldots, v_k, v_{k+1}, \ldots, v_q$. Dintre acestea sînt alese pentru a fi analizate vitezele v_k şi v_{k+1}, respectiv $v_k < v_a < v_{k+1}$.

Lucrînd cu viteza v_{k+1}, creşterea de productivitate datorită măririi vitezei de aşchiere este diminuată de creşterea timpului auxiliar, necesar înlocuirii sculei aşchietoare uzate.

Din contră, lucrînd cu viteza v_k, deşi rezultă o scădere a productivităţii, această scădere este însoţită şi de scăderea timpului datorită măririi durabilităţii. În a doua situaţie apare o pierdere de viteză definită de valoarea absolută:

$$v_a - v_k \tag{3.20}$$

sau de valoarea relativă:

$$\Delta v = \frac{v_a - v_k}{v_a}. \tag{3.21}$$

Valoarea maximă a pierderii de viteză corespunde cazului în care $v_a = v_{k+1}$, pentru care pierderea relativă este:

$$\Delta v_{max} = \frac{v_{k+1} - v_k}{v_{k+1}} = 1 - \frac{v_k}{v_{k+1}}. \tag{3.22}$$

Pierderea relativă de viteză va fi cu atît mai mare cu cît diferenţa între viteze va fi mai mare.

Utilizarea mecanismelor de reglare ce asigură o variaţie continuă a mărimii de ieşire este caracterizată de o pierdere de viteză nulă $\Delta v_{max} = 0$.

În utilizarea mecanismelor de reglare cu variaţie discontinuă pierderea maximă de viteză este constantă, dacă mărimile de ieşire sînt ordonate în serie geometrică:

$$v_{max} = 1 - \frac{1}{\varphi}, \tag{3.23}$$

Scanned with OKEN Scanner

în care φ este raţia seriei geometrice; şi va fi variabilă, dacă mărimile de ieşire sînt ordonate în serie aritmetică:

$$v_{max} = \frac{\delta}{v_{k+1}}, \tag{3.24}$$

în care δ este raţia seriei aritmetice.

În cazul turaţiilor în serie geometrică, pierderea de productivitate, după cum mai este numită pierderea de viteză, este aceeaşi în întreg domeniul de turaţii, fapt ce face ca să fie folosită în construcţia maşinilor-unelte ca serie de turaţii pentru obţinerea vitezei de aşchiere (pentru mecanismele de reglare a lanţurilor cinematice principale).

Cealaltă serie, seria aritmetică, are unele aplicaţii în construcţia mecanismelor de reglare a lanţurilor cinematice de avans dar cu o răspîndire restrînsă.

Raţia seriei geometrice în care sînt dispuse turaţiile, mărimile de ieşire din mecanismul de reglare, este condiţionată şi de pierderea relativă de viteză, astfel că:

$$1 < \varphi < 2;$$

ceea ce corespunde unei pierderi:

$$0 < \Delta v_{max} < 0{,}5.$$

Au fost utilizate în proiectarea şi construcţia mecanismelor de reglare cu variaţie discontinuă seriile geometrice avînd raţiile:

$$\sqrt[40]{10} = 1{,}06; \quad \sqrt[20]{10} = 1{,}12; \quad \sqrt[10]{10} = 1{,}25; \quad \sqrt[5]{10} = 1{,}6,$$

raţii care corespund şi seriilor de numere normale (STAS 283—49). Motivarea acestei alegeri constă în faptul că numerele normale au fost luate ca bază în standardizarea turaţiilor maşinilor-unelte, precum şi a motoarelor de acţionare (motoare electrice de curent alternativ), standardizare ce urmăreşte simplificarea construcţiei şi a lucrărilor de normare a operaţiilor.

Pentru determinarea raţiei seriei geometrice, în care sînt dispuse cele q turaţii ale unui mecanism de reglare este folosită relaţia:

$$\varphi = \sqrt[q-1]{\frac{n_q}{n_1}} = \sqrt[q-1]{\frac{n_{max}}{n_{min}}} = \sqrt[q-1]{R_n} \tag{3.25}$$

Pentru simplificare, turaţiile dispuse în serie geometrică sînt reprezentate grafic în coordonate logaritmice (fig. 3.25). Astfel, pe o dreaptă, turaţiile sînt desemnate ca puncte echidistante cu valoarea:

$$\begin{aligned}
&\bar{\varphi} = \lg \varphi \\
&\lg n_1 = \lg n_1 = \lg n_{e\,min} \\
&\lg n_2 = \lg n_1 + \bar{\varphi} \\
&\lg n_3 = \lg n_1 + 2\bar{\varphi} \qquad (3.26) \\
&\cdots\cdots\cdots \\
&\lg n_q = \lg n_1 + (q-1)\bar{\varphi} = \\
&\qquad = \lg n_{e\,max}
\end{aligned}$$

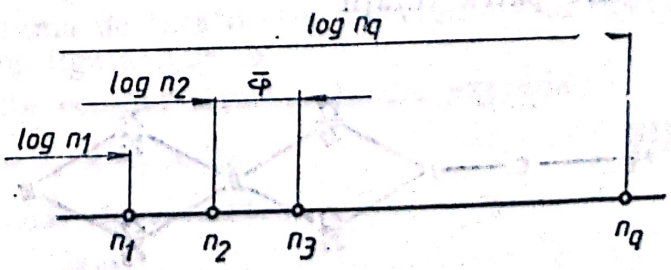


Fig. 3.25. Axa turaţiilor în coordonate logaritmice.

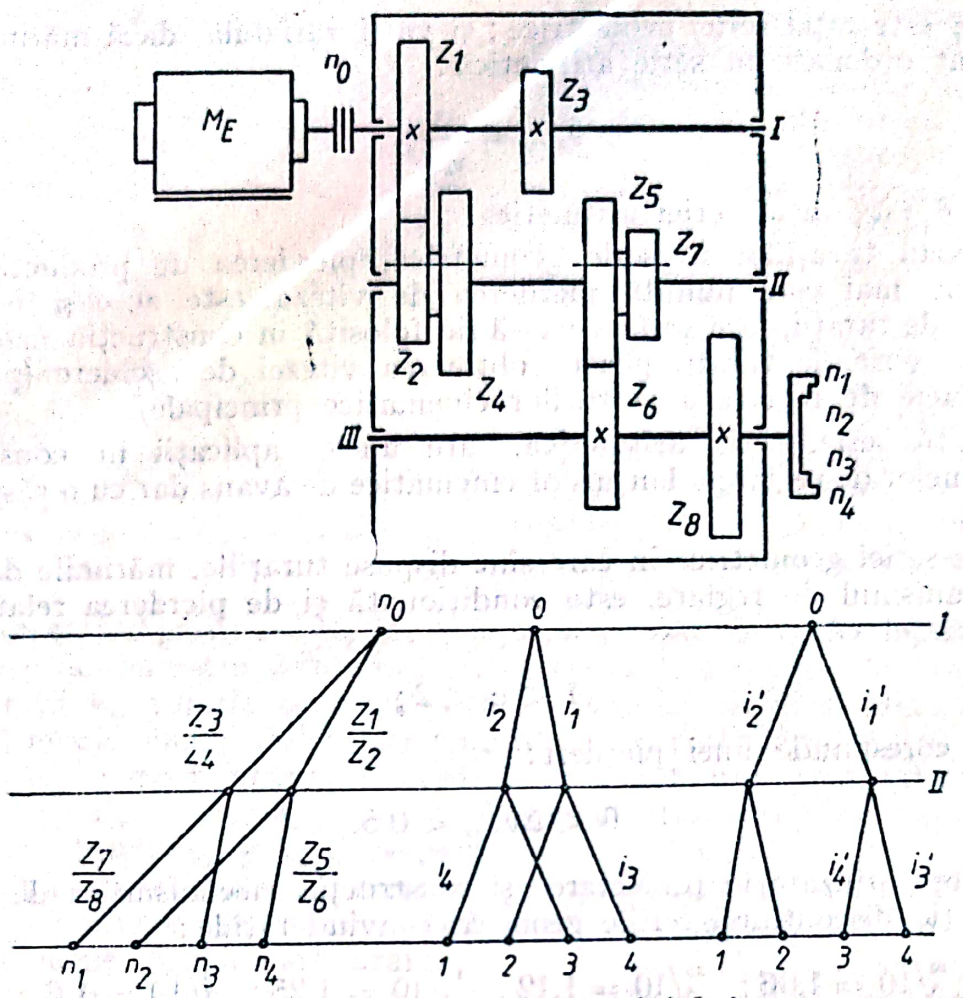


Fig. 3.26. Cutie de viteze cu baladori.

Avînd la bază modul de dispunere a turaţiilor, care reprezintă mărimi de ieşire din mecanismul de reglare, vom prezenta în cele ce urmează cîteva variante constructive mai des utilizate în construcţia lanţurilor cinematice generatoare tehnologice.

a. Cutii de viteze — reprezintă unul din mecanismele de reglare ale lanţurilor cinematice principale. Din punct de vedere al soluţiilor constructive pot fi cu baladori, cuplaje electromagnetice, cuplaje hidraulice etc.

În figura 3.26, *a* este prezentată schema cinematică a unei cutii de viteze de la un centru de prelucrare prin strunjire. Cutia de viteze este compusă din trei arbori, pe cel din mijloc fiind dispuse roţile baladoare (care pot fi deplasate axial, momentul de torsiune este transmis prin intermediul canelurilor sau a unei pene) z_2, z_4, z_5, z_7.

Schema fluxului cinematic reprezentată în figura 3.27 arată că din turaţia unică a motorului electric n_0 rezultă datorită mecanismului de reglare patru turaţii:

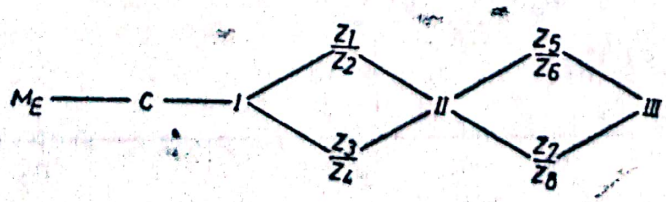


Fig. 3.27. Schema fluxului cinematic.

$$n_1 = n_0 \frac{z_3}{z_4}\frac{z_7}{z_8};$$

$$n_2 = n_0 \frac{z_1}{z_2}\frac{z_7}{z_8};$$

$$n_3 = n_0 \frac{z_3}{z_4}\frac{z_5}{z_6}; \qquad (3.27)$$

$$n_4 = n_0 \frac{z_1}{z_2}\frac{z_5}{z_6}.$$

Reprezentînd grafic turaţiile celor trei arbori, conform convenţiei stabilite (fig. 3.25), faţă de o origine comună, este obţinută diagrama turaţiilor (fig. 3.26, *b*) pentru cutia de viteze aflată în studiu.

Diagrama de turaţii permite citirea valorilor reale ale tuturor turaţiilor posibile la diferiţi arbori.

Dacă, în scopul simetrizării diagramei, sînt decalate originile de la care sînt măsurate turaţiile arborilor *I* şi *II* este obţinută reprezentarea grafică numită reţea structurală a cutiei de viteze (fig. 3.26, *c*). Reţeaua structurală poate fi descrisă prin formula:

$$4_1 = 2_1 \times 2_2, \tag{3.28}$$

ce reprezintă ecuaţia structurală a cutiei de viteze, respectiv a mecanismului de reglare.

Ecuaţia structurală are următoarele semnificaţii: 4_1 — patru turaţii ale arborelui de ieşire *III* distanţate între ele la o raţie, se obţin din două (2_1) turaţii realizate de primul mecanism elementar (mecanismul cu doi arbori între care sînt amplasate două sau mai multe angrenaje) distanţate între ele la o raţie, înmulţite cu cele două (2_2) turaţii furnizate de al doilea mecanism elementar şi care sînt distanţate la două raţii.

Pentru aceeaşi cutie de viteze (2×2), dar cu alte numere de dinţi ale roţilor dinţate poate fi obţinută reţeaua structurală din figura 3.26, *d* care este descrisă de următoarea ecuaţie structurală:

$$4_1 = 2_2 \times 2_1, \tag{3.29}$$

avînd semnificaţia că cele patru turaţii sînt obţinute cu ajutorul a două mecanisme elementare, primul asigurînd două turaţii distanţate între ele la două raţii, al doilea, de asemenea două turaţii, dar distanţate la o raţie.

Numărul de variante posibile de reţele, respectiv, ecuaţii structurale este dat de expresia:

$$N = \frac{(f!)^a}{s!t!u!\ldots}, \tag{3.30}$$

în care: f este numărul factorilor produsului; s, t, u, .. — numărul factorilor identici.

Particularizînd pentru cutia de viteze analizată rezultă că numărul de variante este:

$$N = \frac{(2!)^2}{2!} = 2.$$

Pentru cutia de viteze a strungului revolver cu disc portscule SRO—25, a cărui schemă cinematică a fost prezentată în figura 3.1, iar schema fluxului cinematic în figura 3.3, diagrama de turaţii este reprezentată în figura 3.28, *a* şi reţeaua structurală în figura 3.28, *b*.

În cazul acestei maşini-unelte ecuaţia structurală are expresia:

$$8_1 = 2_1 \times 2_3 \times 2_4, \tag{3.31}$$

căreia îi pot corespunde un număr de variante:

$$N = \frac{(3!)^3}{3!} = 6.$$

Scanned with OKEN Scanner

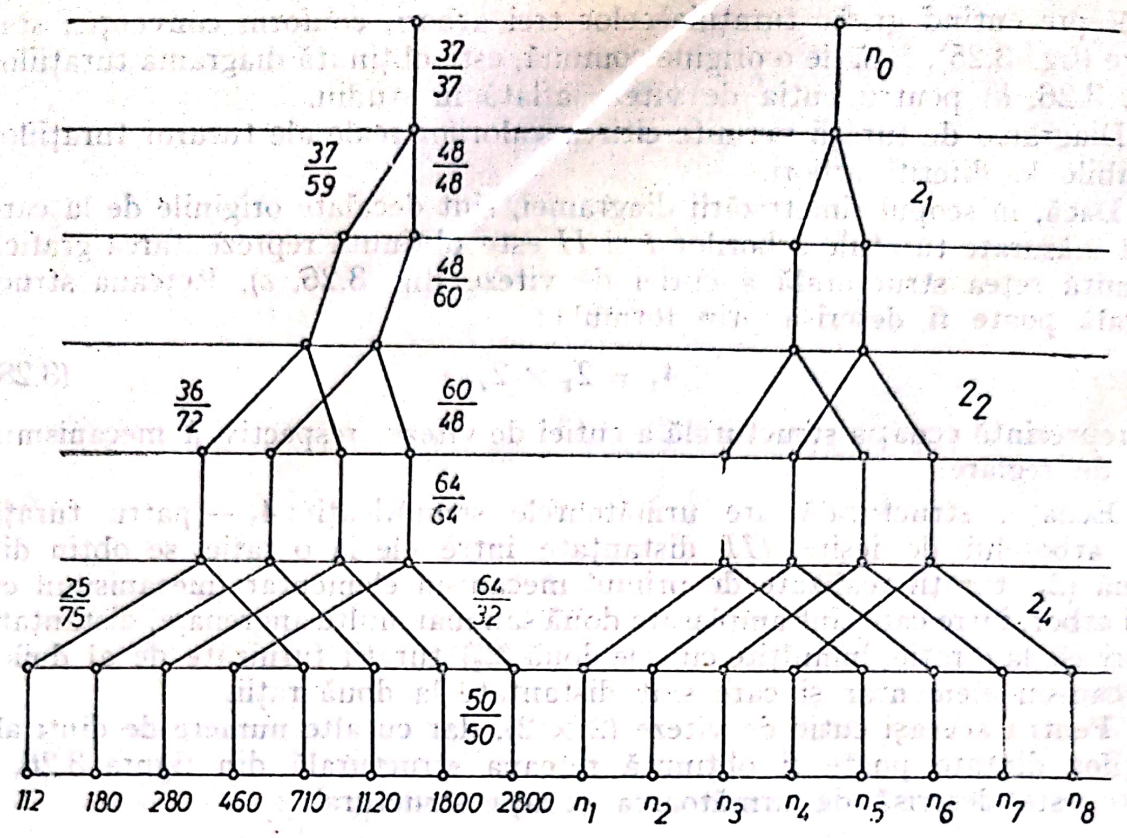


Fig. 3.28. Diagrama de turaţii şi reţeaua structurală a cutiei de viteze de la strungul SRO-25.

Cutia de viteze este constituită din mai multe mecanisme elementare, unele asigurînd două rapoarte de transmitere (deci două turaţii la ieşire), altele avînd un singur raport de transmitere, egal sau diferit de unitate.

Considerăm necesar de a face cîteva observaţii ce vor fi de ajutor în analiza diferitelor variante de cutii de viteze întîlnite în practică:

— regula de formare a indicilor: este atribuit indicele 1, unuia dintre factorii produsului, indicele unui factor oarecare va fi obţinut ca produs între factorul precedent şi indicele acestuia;

— termenul din stînga al ecuaţiei are de regulă indicele 1;

— cînd nu este respectată regula de formare a indicilor sînt obţinute reţelele anormale (cu turaţii suprapuse sau în serie geometrică dublă) [8];

— raportul de transmitere al unui mecanism elementar este limitat între valorile 1/4 şi 2;

— în diagrama de turaţii dreptele înclinate spre stînga corespund unor rapoarte de transmitere subunitare, iar cele înclinate spre dreapta unor rapoarte de transmitere supraunitare;

— dreptele verticale definesc rapoarte de transfer egale cu unitatea;

— mecanismele elementare pot avea două sau trei roţi baladoare, mai rar patru.

În practică pe lîngă situaţiile prezentate, de altfel destul de asemănătoare, pot fi întîlnite, în funcţie de considerentele pe care le-a avut în vedere proiectantul, şi variante ce au la bază aşa-numitele „reţele anormale", în care sînt folosite şi serii geometrice duble sau turaţii suprapuse.

b. Mecanisme de reglare cu roţi de schimb — sînt folosite în reglarea lanţurilor cinematice generatoare tehnologice la care schimbarea turaţiei,

respectiv a mărimii de ieşire este realizată mai rar. În asemenea situaţii mecanismele de tipul cutiilor de viteze sau de avansuri, care sînt complicate, nu se justifică.

Aceste mecanisme de reglare sînt specifice maşinilor-unelte speciale şi specializate, la care timpul pentru schimbarea mărimii de ieşire este raportat la un număr mare de piese prelucrate, ceea ce face ca în timpul total de prelucrare a unei piese valoarea sa să nu fie prea ridicată.

Mecanismele de reglare cu roţi de schimb sînt folosite ca mecanisme de reglare independente cu doi, trei sau patru arbori, (fig. 3.29), sau în combinaţii cu mecanisme de tipul cutiilor de viteze sau avansuri. În cazul mecanismelor combinate, în ecuaţia structurală pot apare ca factori ai produsului şi numere prime şi neprime, mai mari decît 3, în funcţie de numărul de rapoarte de transmitere ce sînt obţinute cu ajutorul roţilor de schimb.

Roţile de schimb pot fi folosite şi într-un raport invers cu scopul reducerii numărului acestora (de ex. la maşina de frezat roţi dinţate FD—320 A sînt necesare numai patru perechi de roţi de schimb pentru a realiza opt rapoarte de transmitere diferite:

$$\frac{18}{40};\ \frac{21}{37};\ \frac{24}{34};\ \frac{27}{31};\ \frac{31}{27};\ \frac{34}{24};\ \frac{37}{21};\ \frac{40}{18}).$$

Ca urmare a acestei forme de rezolvare a cinematicii mecanismului de reglare cu roţi de schimb, diagrama de turaţii seamănă cu o reţea structurală (fig. 3.30).

O largă utilizare o au roţile dinţate de schimb în reglarea lanţurilor cinematice generatoare tehnologice, în care mărimile de ieşire nu sînt în serie geometrică, şi totodată precizăm că mecanismele cu roţi de schimb sînt specifice lanţurilor cinematice generatoare complexe.

În ceea ce priveşte determinarea lor dintr-un şir de numere ce reprezintă, de obicei, setul de roţi de schimb cu care este înzestrată maşina-unealtă, se impun cîteva observaţii:

1 — perechile de roţi de schimb care sînt montate între doi arbori, avînd distanţa A = ct. trebuie să satisfacă condiţia:

$$z_A + z_B = z_C + z_D = \ldots = \frac{2A}{m};\qquad (3.32)$$

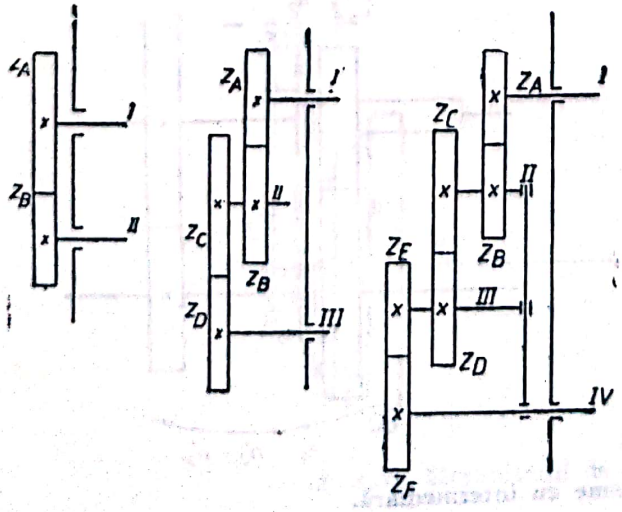
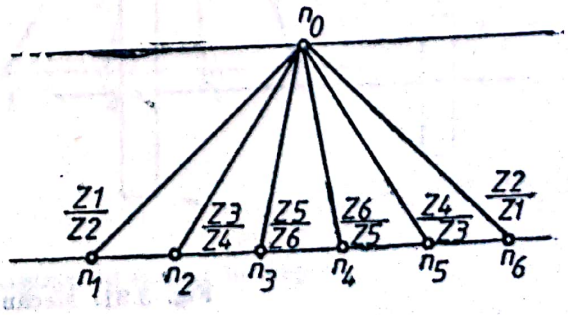


Fig. 3.29. Mecanisme de reglare cu roţi de schimb.

Fig. 3.30. Diagrama de turaţii a mecanismului cu roţi de schimb.



Scanned with OKEN Scanner

2 — roţile de schimb care sînt montate între trei arbori, la care arborele din mijloc poate avea o poziţie oarecare, trebuie să respecte condiţii precizate în cartea maşinii, de forma:

$$\begin{aligned} z_A + z_B &\geqslant z_C + N_1, \\ z_C + z_D &\geqslant z_B + N_2; \end{aligned} \tag{3.33}$$

sau

$$\begin{aligned} z_A + z_B &> N_3, \\ z_C + z_D &> N_4. \end{aligned} \tag{3.34}$$

3 — aceleaşi condiţii se impun şi pentru mecanismele cu roţi de schimb avînd patru arbori, cu precizarea că pot fi obţinute mai multe rapoarte de transfer prin diversele combinaţii de roţi de schimb ce pot fi realizate cu roţile din set.

c. Mecanisme cu intermediară — servesc la dublarea numărului de trepte de reglare cu ajutorul unor roţi intermediare.

Mecanismele cu intermediară sînt utilizate în construcţia mecanismelor de reglare ale lanţurilor cinematice principale cît şi ale lanţurilor cinematice de avans (maşinile de frezat din familia FU—1). În prezent sînt utilizate mai frecvent mecanismele cu intermediară folosind cuplaje mecanice sau electromagnetice, (fig. 3.31). În figura 3.31, *a* mecanismul cu intermediară este compus din roata dinţată cu dantură interioară şi dantură exterioară care cuplează cele două roţi de pe arborele *II*: cea liberă pe arbore, care primeşte mişcarea de la mecanismul elementar anterior, şi cea fixă. Această roată avînd o construcţie specială, poate fi deplasată spre stînga permiţînd transmiterea mişcării prin rapoartele i_a şi i_b la arborele *II*. În figura 3.31, *b* cele două cuplaje electromagnetice trebuie să fie acţionate în antifază: cînd este acţionat CE_1 (nu este acţionat CE_2) mişcarea este transmisă prin cuplarea roţii libere pe axul *II*; cînd este acţionat CE_2 (nu este acţionat CE_1) mişcarea este transmisă prin intermediul rapoartelor i_a şi i_b la arborele *II*.

Mecanismele cu intermediară primind o gamă de turaţii (de ex. n_1; n_2; n_3) prin intermediul rapoartelor i_a şi i_b realizează la arborele de ieşire două game de turaţii: una directă (în cazul analizat: n_1; n_2; n_3) şi una prin intermediară (n'_1; n'_2; n'_3). Cele două game de turaţii pot iplasate:

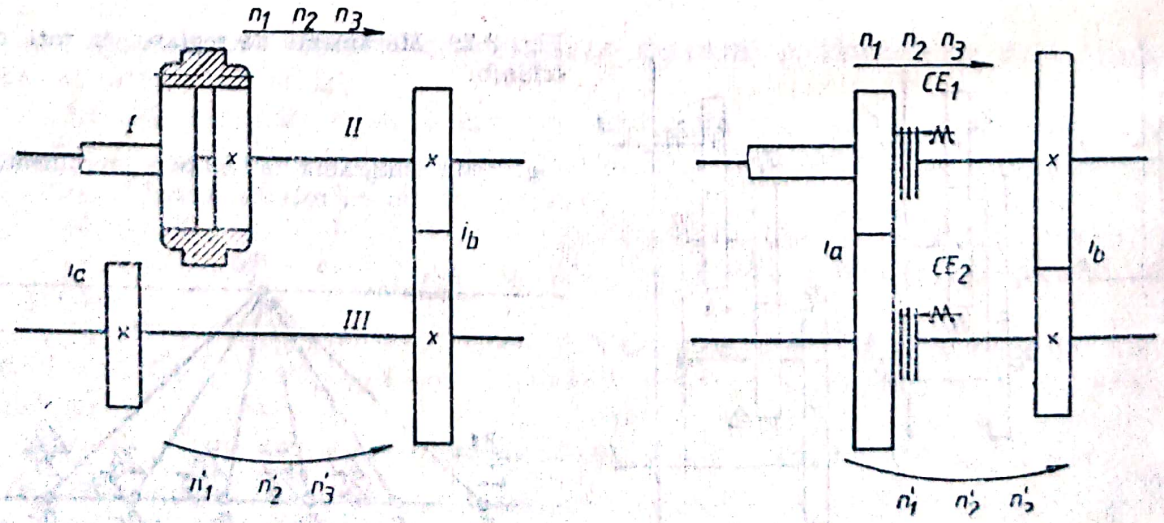


Fig. 3.31. Mecanisme cu intermediară.

una în raport cu cealaltă în continuare, cap la cap ($n_3' = n_1$), suprapuse ($n_2' = n_1$; $n_3' = n_2$) intercalate, (n_1 n_3' n_2).

Diagrama de turaţii a mecanismului cu intermediară poate fi recunoscută prin aspectul caracteristic (fig. 3.32) pe care îl are.

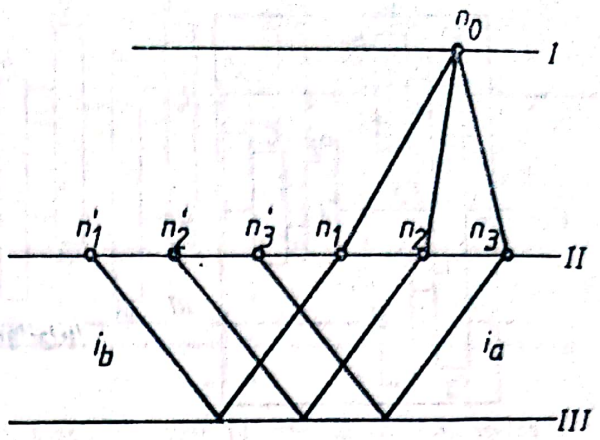


Fig. 3.32. Diagrama de turaţii a mecanismului cu intermediară.

d. Mecanismul cu conuri în trepte — este primul tip de mecanism de reglare discontinuu folosit în lanţurile cinematice generatoare tehnologice. Datorită unor dezavantaje în funcţionare dintre care amintim: antrenarea prafului, alunecările între roată şi curea, pericolul de accidente, el ţa fost înlocuit de celelalte mecanisme de reglare. Cu toate acestea şi la cele mai recente maşini este folosit acest mecanism prin simplitatea sa, întreţinere uşoară, cost redus, eliminarea surselor de vibraţii, reprezentate de roţile dinţate.

Raportul de transmitere, pentru o bună funcţionare a mecanismului, este cuprins între 1/3 şi 3, astfel că raportul de reglare maxim ce poate fi realizat este:

$$R_n = \frac{i_{max}}{i_{min}} = 9. \qquad (3.35)$$

Schema cinematică (fig. 3.33, *a*) indică realizarea a patru rapoarte de transmitere dispuse conform diagramei din figura 3.33, *b*. Din turaţia unică a arborelui *I* sînt obţinute patru turaţii la arborele *II* al mecanismului cu conuri în trepte:

$$n_1 = n_0 n_1 = i_0 \frac{D_1}{D_2};$$

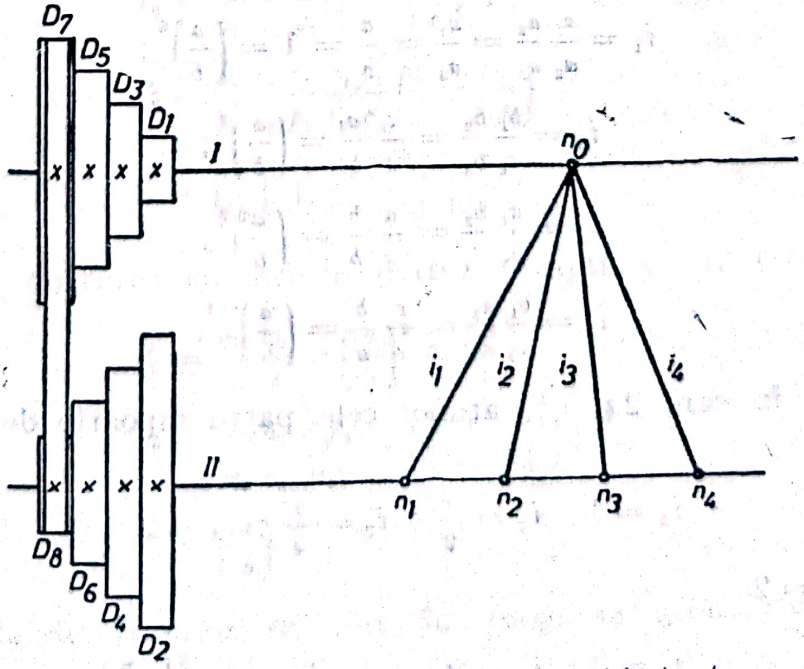


Fig. 3.33. Mecanismul de reglare cu conuri în trepte.

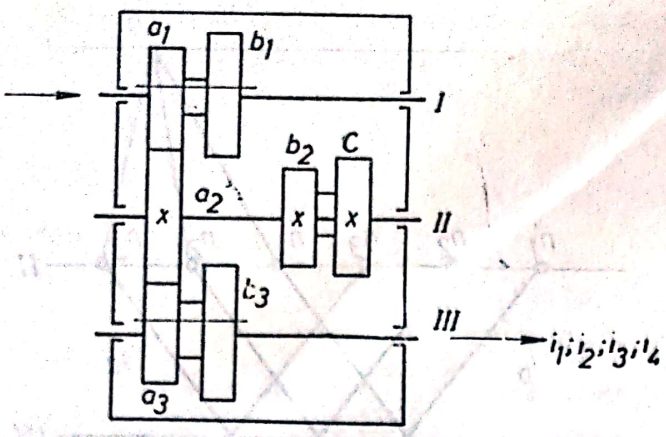


Fig. 3.34. Cutia de multiplicare cu baladori.

$$n_2 = n_0 i_2 = n_0 \frac{D_3}{D_4};$$

$$n_3 = n_0 i_3 = n_0 \frac{D_5}{D_6}; \quad (3.36)$$

$$n_4 = n_0 i_4 = n_0 \frac{D_7}{D_8}.$$

Acest mecanism de reglare intră în compunerea lanțurilor cinematice principale ale mașinilor de găurit mici și mijlocii, ale mașinilor de rectificat etc.

c. Cutii de multiplicare — intră în componența mecanismelor de reglare ale lanțurilor cinematice de avans, folosindu-se și în zonele comune cu lanțul cinematic de filetare, în scopul multiplicării numărului de rapoarte de transmitere al cutiilor de avansuri (sau filete).

Constructiv, sînt întîlnite două variante de cutii de multiplicare: cu baladori și de tip „meandru".

Cutia de multiplicare cu baladori constă din trei arbori (fig. 3.34) pe care sînt montați doi baladori de cîte două roți dințate și trei roți dințate fixe. Dacă numerele de dinți ale roților dințate sînt:

$$\begin{aligned} a_1 = a_3 = b_2 = a; \\ a_2 = b_3 = b; \\ b_1 = c_2 = c, \end{aligned} \quad (3.37)$$

atunci rapoartele de transmitere realizate de cutia de multiplicare vor fi:

$$\begin{aligned} i_1 &= \frac{a_1}{a_2}\frac{a_2}{a_3} = \frac{a_1}{a_3} = \frac{a}{a} = 1 = \left(\frac{a}{b}\right)^0; \\ i_2 &= \frac{b_1}{c_2}\frac{b_2}{b_3} = \frac{c}{c}\frac{a}{b} = \left(\frac{a}{b}\right)^1; \\ i_3 &= \frac{a_1}{a_2}\frac{b_2}{b_3} = \frac{a}{a}\frac{b}{b} = \left(\frac{a}{b}\right)^2; \\ i_4 &= \frac{b_1}{c_2}\frac{a_2}{a_3} = \frac{c}{c}\frac{b}{a} = \left(\frac{a}{b}\right)^{-1}. \end{aligned} \quad (3.38)$$

În cazul în care $2a = b$, atunci cele patru rapoarte de transmitere devin:

$$i_1 = 1; \quad i_2 = \frac{1}{2}; \quad i_3 = \frac{1}{4}; \quad i_4 = 2, \quad (3.39)$$

iar dacă $a = 2b$:

$$i_1 = 1; \quad i_2 = 2; \quad i_3 = 4; \quad i_4 = \frac{1}{2}. \quad (3.40)$$

Scanned with OKEN Scanner

Cutia de multiplicare cu baladori are o construcție simplă, dar nu permite obținerea decît a patru rapoarte de transmitere.

Cutia de multiplicare de tip meandru este constituită tot din trei arbori, dar din mult mai multe angrenaje (fig. 3.35).

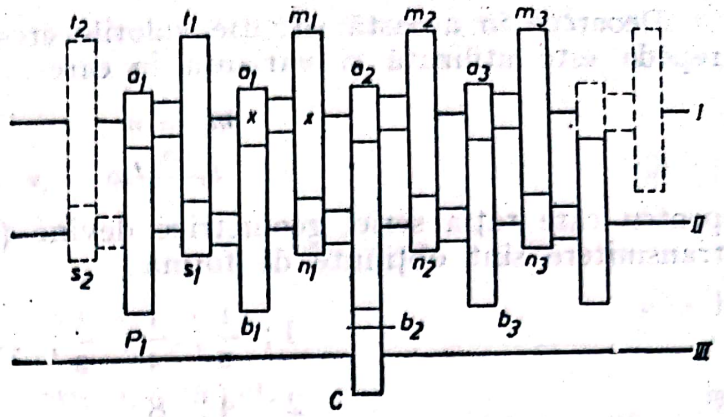


Fig. 3.35. Cutia de multiplicare de tip „meandru".

La mașinile-unelte de tipuri recente este utilizată varianta prezentată în figură, la care culegerea mișcării este realizată prin roata baladoare c montată pe arborele *III*.

Roata baladoare c poate angrena cu toate roțile b_i din partea dreaptă a roților fixe a_1; m_1, și respectiv cu toate roțile p_1 din partea stîngă, de pe arborele *II*.

Dacă numerele de dinți sînt:

$$\begin{aligned} &a_i = n_i = o_i = s_i = a; \qquad c = a, \\ &b_i = m_i = p_i = t_i = b; \end{aligned} \tag{3.41}$$

atunci rapoartele de transfer asigurate de cutia de multiplicare de tip meandru cu balador vor fi:

— pentru mișcarea culeasă în partea stîngă a roților fixe:

$$\begin{aligned} i'_0 &= \frac{a_1}{b_1}\frac{b_1}{c} = \left(\frac{a}{b}\right)^0; \\ i'_1 &= \frac{a_1}{b_1}\frac{s_1}{t_1}\frac{o_1}{p_1}\frac{p_1}{c} = \left(\frac{a}{b}\right)^2; \\ i'_2 &= \frac{a_1}{b_1}\frac{s_1}{t_1}\frac{o_1}{p_1}\frac{s_2}{t_2}\frac{o_2}{p_2}\frac{p_2}{c} = \left(\frac{a}{b}\right)^4; \\ i'_k &= \left(\frac{a}{b}\right)^k; \end{aligned} \tag{3.42}$$

— pentru mișcarea culeasă în partea dreaptă a roților fixe:

$$\begin{aligned} i''_1 &= \frac{m_1}{n_1}\frac{b_2}{c} = \left(\frac{b}{a}\right)^2 = \left(\frac{a}{b}\right)^{-2}; \\ i''_2 &= \frac{m_1}{n_1}\frac{b_2}{a_2}\frac{m_2 b_2}{n_2 c} = \left(\frac{b}{a}\right)^4 = \left(\frac{a}{b}\right)^{-4}; \\ i''_k &= \left(\frac{a}{b}\right)^{-2k}. \end{aligned} \tag{3.43}$$

Rapoartele de transmitere sînt în progresie geometrică cu rația $\varphi = \left(\frac{a}{b}\right)^2$ sau $\varphi = \left(\frac{a}{b}\right)^{-2}$.

Scanned with OKEN Scanner

Deoarece în această situaţie valorile cresc (respectiv scad) mult prea repede este utilizată şi varianta în care:

$$m_i = n_i;$$
$$s_i = t_i, \tag{3.44}$$

pentru care raţia seriei geometrice devine (a/b) sau (b/a); rapoartele de transmitere sînt obţinute de forma:

$$1;\ \frac{1}{2};\ \frac{1}{4};\ \frac{1}{8};\ \ldots \tag{3.45}$$

şi

$$2;\ 4;\ 8;\ \ldots$$

f. Mecanisme de reglare utilizate în structura lanţurilor cinematice de avans pentru obţinerea avansului periodic. Avansul intermitent este folosit la maşini de rabotat, maşini de rectificat, unele maşini de prelucrat roţi dinţate, strunguri grele.

Ca mecanisme care asigură fragmentarea mişcării şi care au, totodată, şi rol de reglare sînt folosite mecanismul cu clichet şi, mai rar, mecanismul cu cruce de Malta.

Mecanismul cu clichet (fig. 3.36) constă din roata de clichet *RC* şi clichetul *C* fixat pe balansierul unui mecanism patrulater. La rotirea balansierului în sens trigonometric, clichetul roteşte roata de clichet cu unghiul α_s, în timp ce la rotirea în sens invers, clichetul sare peste dinţii roţii de clichet fără a o roti, revenind, astfel, în poziţia iniţială.

În acest mod, la o rotaţie completă a manivelei *M*, şurubul conducător *SC*, solidar cu roata de clichet, este rotit cu unghiul α, şi deplasează sania cu avansul *s*. Clichetul fix *CF* împiedică rotirea roţii de clichet în sens invers, în cursa de înapoiere.

Mişcarea de rotaţie a manivelei poate fi realizată cu viteză unghiulară constantă, dacă ea este antrenată direct de elementele anterioare componente ale lanţului cinematic de avans, sau cu viteză variabilă cînd sînt utilizate soluţii constructive în acest sens [9].

Reglarea avansului este realizată prin variaţia numărului de dinţi pe care îi sare clichetul în cursa de înapoiere. Cel mai des utilizată este varianta care foloseşte un scut a cărui poziţie poate fi reglată, şi care face ca o parte din dinţii roţii să fie inaccesibili clichetului.

Unghiul de oscilaţie al balansierului este constant, în timp ce unghiul de oscilaţie al roţii de clichet α_s este variabil, prin reglarea poziţiei unghiulare a scutului.

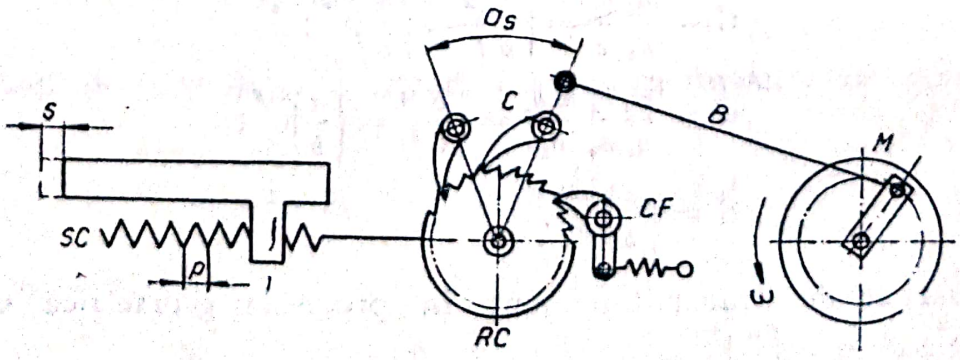


Fig. 3.36. Mecanismul cu clichet.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă q_c este numărul de dinți cu care clichetul rotește roata de clichet, care are z_c dinți, atunci unghiul cu care este rotit arborele de ieșire din mecanismul cu clichet va fi:

$$\alpha_s = q_c \frac{360°}{z_c}, \tag{3.46}$$

în care factorul:

$$\gamma_c = \frac{360°}{z_c} \tag{3.47}$$

reprezintă pasul unghiular al roții de clichet.

Avînd în vedere că la o rotație completă a șurubului conducător, piulița este deplasată axial cu mărimea pasului p, rezultă că la o rotație a șurubului cu unghiul α_s, piulița va fi deplasată axial cu mărimea avansului:

$$s = p \frac{s}{360°} = p \frac{q_c \frac{360°}{z_c}}{360°} = p \frac{q_c}{z_c} \quad [\text{mm/cd}]. \tag{3.48}$$

La mașinile de rectificat valoarea avansului fiind foarte mică sînt luate măsuri constructive care să permită realizarea sa (roți de clichet cu număr mare de dinți, introducerea unor rapoarte de demultiplicare, utilizarea mecanismelor cu clicheți multipli, [37]).

În cazul utilizării rapoartelor de demultiplicare valoarea avansului este obținută:

$$s = p \frac{q_c}{z_c} i \quad [\text{mm/cd}], \tag{3.49}$$

în care $i/1$, raport de transmitere al angrenajelor montate între axul roții de clichet și axul șurubului conducător.

Cînd sînt folosiți clicheți multipli (fig. 3.37) mărimea avansului va fi:

$$s = p \frac{1}{z_c} \frac{1}{n} \quad [\text{mm/cd}], \tag{3.50}$$

în care n reprezintă numărul de clicheți care acționează pe rînd roata; clicheții se află decalați cu unghiul $360°/n$.

3.2.3.2. **Reglarea continuă a lanțurilor cinematice generatoare tehnologice.** La un număr din ce în ce mai mare de mașini-unelte se aplică reglarea continuă a turațiilor în lanțurile cinematice generatoare tehnologice. După cum a rezultat, în cazul reglării în trepte, realizînd turații în serii geometrice cu o anumită rație φ, are loc o pierdere relativă de viteză între două turații învecinate, care înseamnă totodată și o pierdere de productivitate în procesul tehnologic de prelucrare.

Se cunoaște [2] că productivitatea tehnologică a mașinii este maximă atunci cînd pierderea relativă de viteză este zero, deci $\varphi = 1$. În acest caz, prin re-

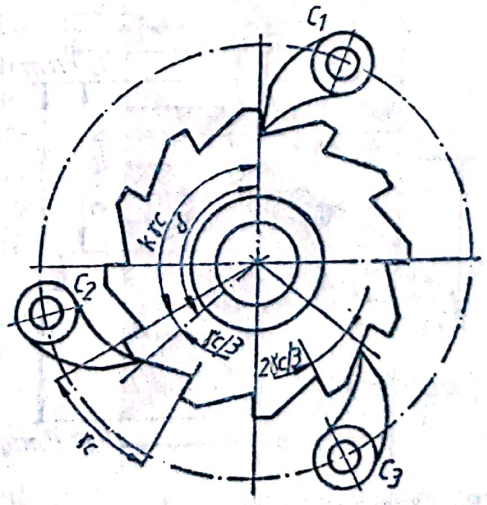


Fig. 3.37. Mecanismul cu clicheți multipli.

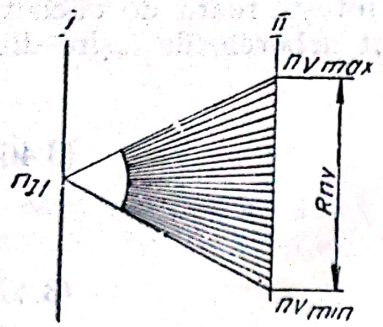


Fig. 3.38. Diagrama de turaţii cu reglare continuă.

glarea continuă a turaţiilor în lanţurile cinematice generatoare tehnologice se poate realiza pentru un diametru d al piesei, turaţia n care să asigure viteza de aşchiere $v = \pi dn/1000$ corespunzătoare productivităţii maxime.

Aceste condiţii însă nu pot fi realizate decît de către un sistem de acţionare care în lanţul cinematic include un mecanism cu reglare fără trepte a turaţiilor.

În construcţiile de maşini-unelte cele mai frecvente sisteme de reglare continuă fără trepte a turaţiilor sînt electrice, hidraulice sau mecanice.

Reglarea mecanică fără trepte a turaţiilor se realizează cu ajutorul mecanismelor denumite variatoare de turaţii.

Variatoarele de turaţii se caracterizează prin: raportul de reglare a turaţiilor (R_{nv}); curba de variaţie a turaţiilor; valorile limită ale momentului de torsiune transmis; randament; gradul de complexitate al construcţiei etc.

Raportul de reglare a turaţiilor variatoarelor mecanice se exprimă prin:

$$R_{nv} = \frac{n_{v\,max}}{n_{v\,min}}, \qquad (3.51)$$

iar în mod convenţional, reţeaua structurală se prezintă conform figurii 3.38, în care arborele I este cel de intrare, iar II cel de ieşire al mişcării din variator.

Variatoarele mecanice de turaţii utilizate în construcţia maşinilor-unelte în cele mai multe cazuri au domeniul de reglare al turaţiilor $R_{n_v} < 16$, din care cauză în majoritatea construcţiilor nu pot fi utilizate ca mecanisme independente (individuale) pentru acţionarea mişcării principale.

Pentru realizarea unui domeniu de reglare a turaţiilor corespunzător $R_n > R_{n_v}$, la mişcarea principală a maşinilor-unelte se obişnuieşte amplificarea valorii lui R_{n_v} prin intercalarea variatorului într-un lanţ cinematic în care se includ şi mecanisme multiplicatoare de turaţii cu roţi dinţate.

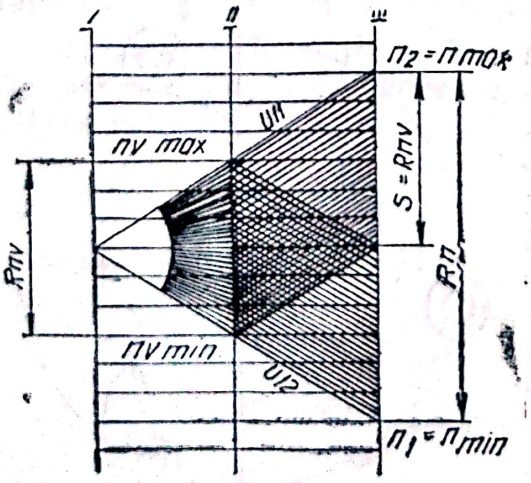


Fig. 3.39. Diagramă de turaţii cu variator continuu la capătul de intrare a mişcării.

Plasarea variatorului poate fi făcută de obicei în două variante cinematice:

1 — la capătul de intrare al mişcării în sistemul cinematic;

2 — la capătul de ieşire al mişcării din sistemul cinematic (la arborele principal).

În figura 3.39 este reprezentată reţeaua structurală a sistemului cinematic de acţionare, la care variatorul de turaţii este plasat la capătul de intrare al mişcării, iar ca multiplicator al domeniului de reglare al turaţiilor este utilizat un mecanism cu roţi dinţate baladoare, cu două trepte.

Pentru obţinerea unor valori normate ale rapoartelor de transmitere

Scanned with OKEN Scanner

se recomandă ca turațiile limită ale variatorului, deci și a sistemului de acționare, să fie cuprinse în sistemul zecimal de turații normate.

Saltul mecanismului de multiplicare a_1 este:

$$S_1 = \frac{u_{11}}{u_{12}} = R_{n_v} = \frac{n_{v\,max}}{n_{v\,min}}, \qquad (3.52)$$

iar domeniul de reglare al sistemului de acționare în acest caz va fi:

$$R_n = R_{n_v}^{a_1} = \left(\frac{n_{v\,max}}{n_{v\,min}}\right)^{a_1} \qquad (3.53)$$

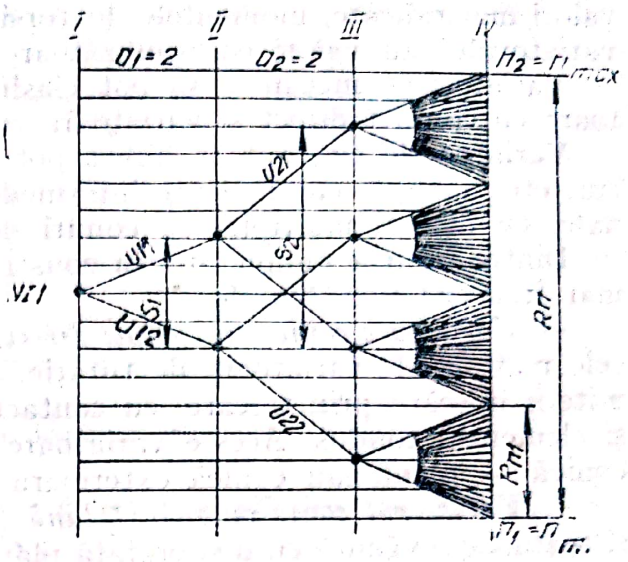


Fig. 3.40. Amplasarea variatorului la capătul final al lanțului cinematic.

În cazul cînd variatorul este plasat după mecanismul de multiplicare, rețeaua structurală arată ca în figura 3.40, unde se vede că există un mecanism de multiplicare, format din două blocuri de roți dințate baladoare cu cele două trepte.

Salturile mecanismului de multiplicare în cazul prezentat în figura 3.40, au valorile:

$$S_1 = \frac{u_{11}}{u_{12}} = R_{n_v} = \frac{n_{v\,max}}{n_{v\,min}};$$

$$S_2 = \frac{u_{21}}{u_{22}} = R_{n_v}^{a_1} = \left(\frac{n_{v\,max}}{n_{v\,min}}\right)^{a_1}, \qquad (3.54)$$

iar

$$R_n = R_{n_v}^{a_1 a_2} = \left(\frac{n_{v\,max}}{n_{v\,min}}\right)^{a_1 \cdot a_2}.$$

Valorile indicate în relațiile 3.52 ... 3.54 sînt valabile numai în cazul cînd nu există alunecări interne în mecanismul variatorului. Deoarece însă majoritatea variatoarelor mecanice transmit mișcarea prin elemente de fricțiune, pierderile interne sînt inevitabile. Din această cauză, pentru a se asigura o continuitate totală a turațiilor între cele două valori limită (n_{min} și n_{max}) ale domeniului de reglare R_n, trebuie prevăzută o suprapunere a intervalelor parțiale de turații.

Amplasarea variatorului continuu de turații într-un sistem cinematic care are mecanism de multiplicare se recomandă a se face la capătul de intrare a mișcării în lanțul cinematic. O astfel de amplasare este favorabilă (figura 3.41) deoarece turațiile avînd

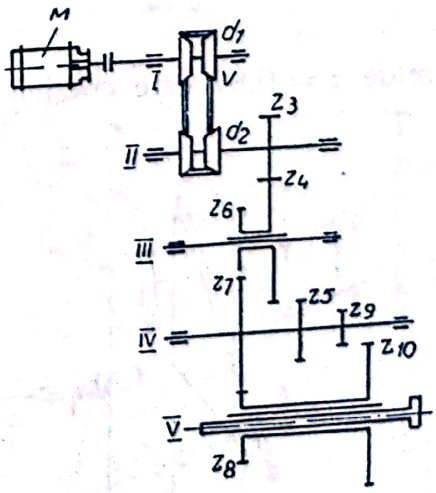


Fig. 3.41. Lanț cinematic cu variator continuu și mecanisme de multiplicare.

valori mai ridicate, momentele de torsiune sînt mai mici, iar dimensiunile variatorului au valori corespunzătoare.

Variatoarele mecanice se pot clasifica în două mari categorii: variatoare cu contact direct şi variatoare cu elemente intermediare.

Variatoarele cu contact direct pot fi: frontale, conice, sferice, cu discuri etc., iar cele cu elemente intermediare: conice, sferice, frontale, toroidale, cu discuri multiple, cu conuri deplasabile etc.

Dintre tipurile enumerate, în construcţia de maşini-unelte sînt utilizate mai frecvent următoarele:

— *Variatoare conice cu contact direct.* Aceste variatoare sînt unele dintre cele mai simple variatoare de turaţie. Ele se bazează pe principiul transmiterii mişcării prin frecare, cu contact direct între elementul conducător şi elementul condus. Aceste variatoare au forma suprafeţelor de contact: conică — plană sau conică exterioară — conică interioară.

— *Variatorul conic cu roată plană* (fig. 3.42), se compune din conul *1* şi roata *2* prevăzută cu o suprafaţă plană de contact. Presiunea de contact pentru asigurarea transmiterii mişcării este realizată de către arcul spiral *3*.

Reglarea turaţiei la arborele acţionat *II* se obţine de obicei prin deplasarea elementului conic *1* pe o direcţie paralelă cu roata plană *2*, în sens radial. Prin această deplasare se obţine modificarea raportului de transmitere al mecanismului, care se determină cu formula

$$i_v = \frac{r_1}{r_2} \cdot \varepsilon, \tag{3.55}$$

unde $\varepsilon = 0{,}97$ este coeficientul de alunecare.

Domeniul de reglare al turaţiilor la aceste tipuri de variatoare este de obicei $R_{n_v\,max} = 4$. Se utilizează la puteri pînă la 2,5 kW şi viteze de 15 m/s, cu un randament $\eta = 0{,}9$.

— *Variatorul cu modificarea unghiului dintre axe* (figura 3.43). Arborele de acţionare *I*, motorul electric *1* şi roata conducătoare *2* sînt suspendate articulat, astfel încît schimbarea poziţiei unghiulare α a arborelui *I* aduce după sine schimbarea punctului de contact dintre roata conducătoare *2* şi discul conic *3*, deci şi modificarea raportului de transfer.

$$i_v = \frac{r_1}{r_2} \cdot \varepsilon, \tag{3.56}$$

unde $\varepsilon = 0{,}97$ este coeficientul de alunecare.

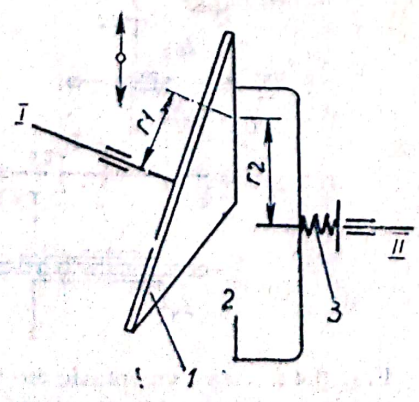


Fig. 3.42. Variator cu disc plan.

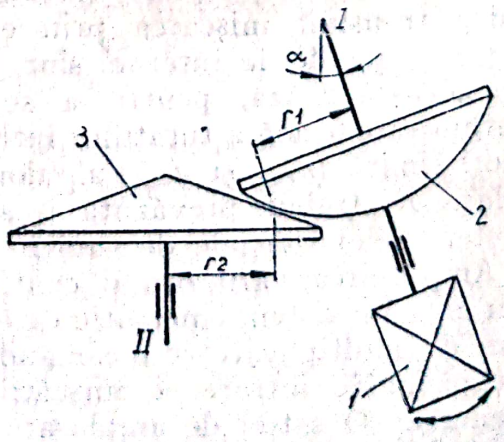


Fig. 3.43. Variator cu disc conic.

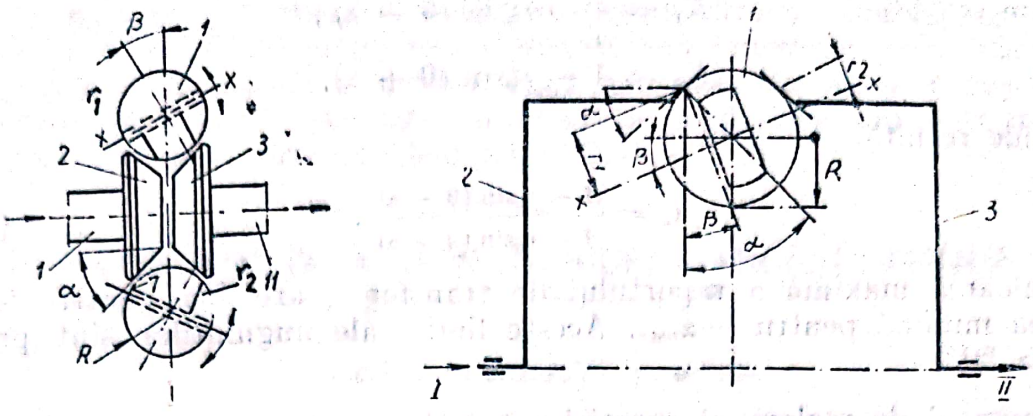


Fig. 3.44. Variatoare cu bile.

Domeniul de reglare a turației $R_{n_v} < 8$, viteza periferică maximă $v_{max} = 15$ m/s, puterea maximă $N_{max} = 2{,}5$ kW, cu un randament $\eta = 0{,}85$.

— *Variatoarele sferice* (figura 3.44) în majoritatea construcțiilor sînt cu element intermediar. La variatoarele reprezentate în figura 3.44, *a* și figura 3.44, *b*, transmiterea puterii între cele două elemente conice *2* și *3* de la arborele *I* la *II* sau invers, se realizează cu ajutorul unui număr de bile „*1*" ce se pot roti în jurul unor axe $x - x$, a căror poziție poate fi reglată, ceea ce are ca urmare modificarea raportului de transfer.

Prin înclinarea axei de rotație $x - x$ a bilelor cu un unghi β față de axa variatorului, razele r_1 și r_2 ale punctelor de contact între bilă și elementele conice sînt date de relațiile:

$$r_1 = R \cdot \cos(\alpha - \beta); \; r_2 = R \cdot \cos(\alpha + \beta), \tag{3.57}$$

iar raportul de transfer al variatorului:

$$i_v = \frac{r_2}{r_1} = \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos(\alpha - \beta)}. \tag{3.58}$$

Domeniul de reglare a turațiilor $R_{n_v} \leqslant 9$, puterea maximă transmisibilă este $N_{max} = 7{,}5$ kW, cu un randament $\eta \leqslant 0{,}8$. Se utilizează la mașini de rectificat, pentru acționarea piesei.

— *Variatoarele toroidale* (figura 3.45) se întîlnesc sub diferite soluții constructive. Forma cea mai răspîndită este cea reprezentată schematic în figură.

Variatorul se compune din discurile toroidale *1*, *2* și două role intermediare *3*. Mișcarea se transmite de la arborele *I* la *II* sau invers, iar prin înclinarea rolelor se realizează reglarea turațiilor.

Utilizînd notațiile din figură, raportul de transfer rezultă:

$$i_v = \frac{R_1}{R} \cdot \frac{R}{R_2} = \frac{R_1}{R_2},$$

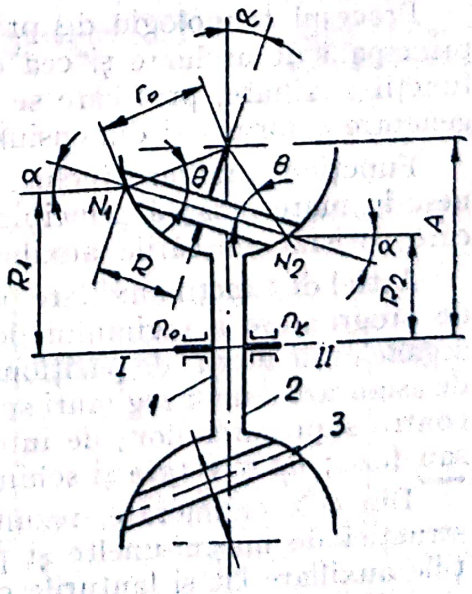


Fig. 3.45. Variator toroidal.

Scanned with OKEN Scanner

în care

$$R_1 = A - r_0 \sin(\theta - \alpha);$$

$$R_2 = A - r_0 \sin(\theta + \alpha),$$

de unde rezultă

$$i_v = \frac{A - r_0 \sin(\theta - \alpha)}{A - r_0 \sin(\theta + \alpha)}. \tag{3.59}$$

Valoarea maximă a raportului de transfer i_v are loc pentru $+\alpha_{max}$, iar cea minimă pentru $-\alpha_{max}$. Aceste limite ale unghiurilor sînt practic de cca 30°.

Raportul de reglare al turației este:

$$R_{n_v} = \frac{i_{v_{max}}}{i_{v_{min}}} = \left[\frac{A - r_0 \sin(\theta - \alpha)}{A - r_0 \sin(\theta + \alpha)}\right]^2. \tag{3.60}$$

Practic această valoare este $R_{n_v} = 8$.

Viteza periferică maximă admisă $v_{max} = 20$ m/s, iar puterea maximă transmisă $N_{max} = 25$ kW, cu un randament $\eta = 0{,}85$.

Aceste tipuri de variatoare se aplică la acționarea mișcării principale a strungurilor, mașinilor de găurit, strungurilor revolver etc.

— *Variatoarele cu roți conice duble* sînt foarte răspîndite, prezentînd o mare varietate de tipuri constructive. Ele pot fi: cu element intermediar rigid, cu element intermediar elastic (curele trapezoidale de o mare varietate de forme) și cu element intermediar în formă de lanț. În funcție de elementul intermediar, suprafața conurilor poate fi netedă sau cu caneluri [2].

3.3. LANȚURI CINEMATICE AUXILIARE

Procesul tehnologic de prelucrare pe mașini-unelte, pe lîngă mișcarea principală de așchiere și cea de avans, înglobează un număr însemnat de funcții auxiliare, prin care se asigură totalitatea fazelor și a operațiilor de generare a formei și dimensiunilor pieselor realizate, în condițiile prescrise.

Funcțiile auxiliare incluse în desfășurarea procesului tehnologic, definesc în mare măsură principiul de bază a constituirii lanțurilor cinematice care satisfac mișcările auxiliare.

Astfel de funcții auxiliare pot fi: de alimentare cu semifabricat a mașinii; de programare a regimului de așchiere; de acționare în mișcare rapidă a organelor de lucru; de poziționare relativă a sculei față de piesă (sau invers); de asigurare a unor regimuri speciale de lubrifiere; de protecție a unor organe contra suprasarcinilor; de intercondiționare sau de corelare a unor mișcări sau faze; de selectare și schimbare a sculelor de așchiere etc.

Din cele enumerate, rezultă că în stadiul actual de dezvoltare a construcției de mașini-unelte și prin prisma perfecționării acestora, atît funcțiile auxiliare cît și lanțurile cinematice constituite pentru satisfacerea lor, sînt din ce în ce mai complexe. În acest sens sînt realizate lanțuri cine-

Scanned with OKEN Scanner

matice mecanice, hidraulice, electrice, pneumatice şi combinate, la care se aplică comenzi manuale, semiautomate sau automate, comanda adaptivă, inclusiv comanda numerică după program. Însuşirea cunoştinţelor referitoare la lanţurile cinematice auxiliare se poate realiza în mare măsură, din capitolul 4 şi subcapitolele 3.4 şi 3.5.

3.4. SISTEME DE ACŢIONARE HIDROSTATICĂ, COMANDA ŞI EXPLOATAREA LOR

3.4.1. Consideraţii generale

Începînd cu anul 1950, datorită avantajelor sale, acţionarea hidraulică cu ulei, s-a extins considerabil. Dintre aceste avantaje enumerăm:

— *Comandabilitate şi reglabilitate,* comparabilă cu acţionarea electrică şi mult mai bună decît cea mecanică;
— *Capacitate deosebită de a fi utilizată în automatică şi robotică;*
— *Comportare optimă în timp;*
— *Densitate mare de energie;*
— *Protecţie simplă faţă de suprasarcini* (prin supape de presiune);
— *Control facil al forţelor şi momentelor;*
— *Căldura dezvoltată este transportată de însăşi fluidul utilizat.*

Dintre dezavantajele acţionării hidraulice putem aminti:

Pierderi relativ mari de energie (datorate frecărilor în lichid şi a scurgerilor acestuia), dependenţă mare a viscozităţii cu temperatura, compresibilitatea fluidelor, sensibilitate mare faţă de impurităţile din fluid, durabilitate limitată a componenţilor solicitaţi.

Circuite hidrostatice pentru mişcări circulare şi rectilinii

Notă: Principalele simboluri utilizate sînt redate în tabelul 3.3.

1. Circuite de inversare. Sistemele hidrostatice se constituie pe baza unor circuite tip, dintre care vom prezenta în continuare cîteva. În figura 3.46 se reprezintă simbolic un circuit de inversare realizat cu un distribuitor 4/3 (*b*), precum şi varianta constituită din două semipunţi *A*(*a*). Acelaşi circuit se poate realiza cu un motor cu tijă unilaterală (fig. 3.47),

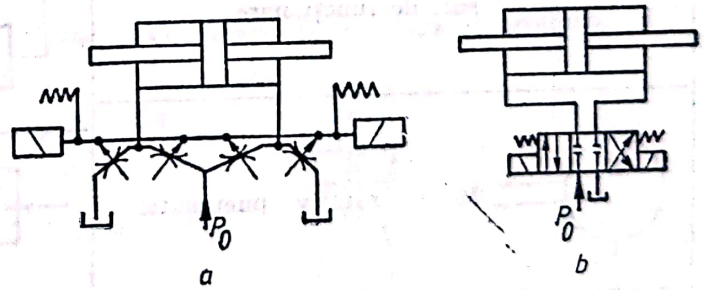


Fig. 3.46. Circuit de inversare cu distribuitor 4/3.

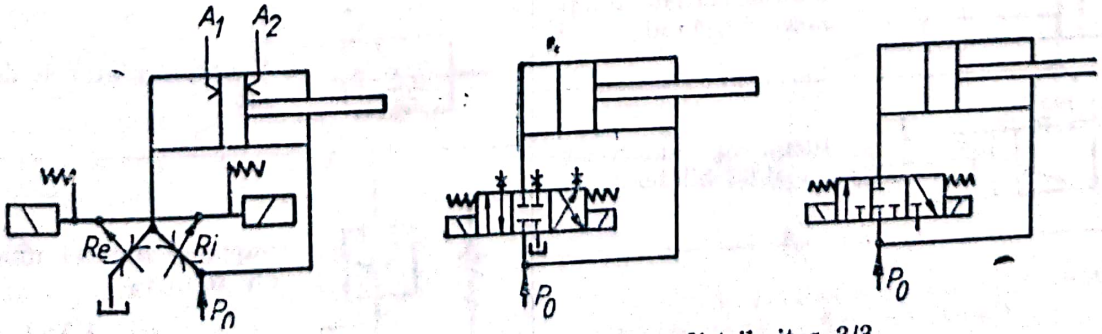
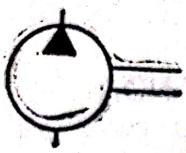
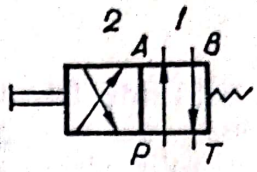
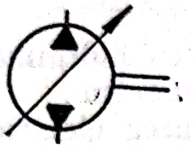
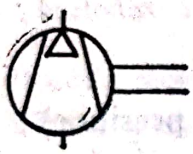
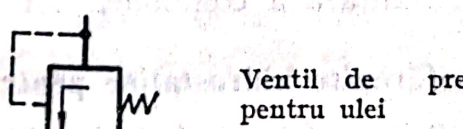
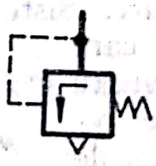
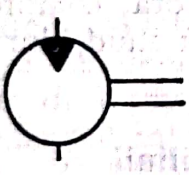
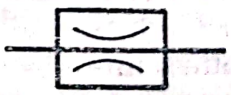
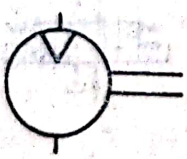
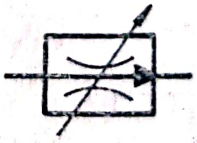
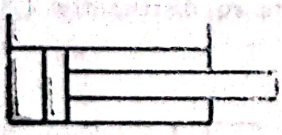
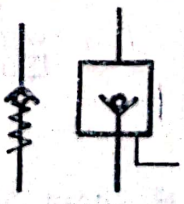
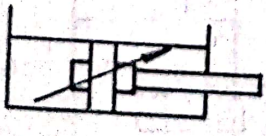


Fig. 3.47. Circuit de inversare cu distribuitor 3/3.

Tabelul 3.3. **Principalele simboluri utilizate (cfm STAS 7145-76)**

Pompe hidraulice şi pneumatice	Distribuitoare şi ventile
 Pompe cu debit constant cu un sens de funcţionare	 Distribuitor cu cale 4/2 acţionat manual cu revenire prin arc. *Semnificaţia lui 4 :* patru căi. Legături : *A*, *B :* legături de lucru, (spre motor) *P :* alimentare, *T :* scurgere. *Semnificaţia lui 2 :* două poziţii posibile de cuplare (poziţia *1* şi *2*).
 Pompe cu debit variabil cu două sensuri de funcţionare	Distribuitor de cale 4/3, acţionat electromagnetic cu centrare prin arcuri
 Compresor	 Ventil de presiune pentru ulei
Motoarea hidraulice şi pneumatice	 Idem, pentru aer.
 Motor nereglabil cu un sens de funcţionare	 Ventil de debit nereglabil (drosel)
Motor reglabil cu două sensuri de funcţionare	Ventil de debit reglabil (drosel)
 Motor rotativ pneumatic	 Ventil regulator de debit
 Motor rectiliniu cu două sensuri de funcţionare şi tijă unilaterală	 Supape cu sens unic (de reţinere)
 Idem, cu amortizare reglabilă bilaterală	

Scanned with OKEN Scanner

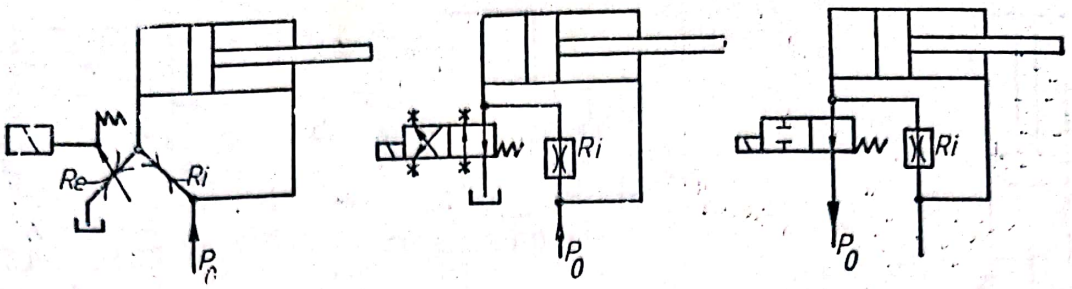


Fig. 3.48. Circuit de inversare cu semipunți $B+E$.

comandat cu un distribuitor 3/3, (care se obține din unul 4/3, la care i s-a obturat o ieșire). Schema corespunde unei combinații de semipunți $A+E$, la care partea cu tijă a motorului este legată direct la sursă, iar cealaltă la o semipunte A. În cazul în care $A_1 = 2A_2$, vitezele de deplasare, în ambele sensuri vor fi egale.

O altă posibilitate de realizare a aceleiași funcții, este oferită de o combinație de semipunți $B+E$ (fig. 3.48). Aici se folosește un distribuitor 4/2, căruia îi sînt obturate două orificii.

În ipoteza că se folosește un motor cu tijă bilaterală, printr-o combinație care cuprinde circuitul echivalent E, schema este realizabilă numai dacă în partea comandată a motorului (prin orice semipunte), forța hidraulică este „ajutată" de către o forță exterioară (arc, greutate, etc.), ca în figura 3.49. Acest lucru este necesar, deoarece în poziția *1* a distribuitorului (pentru care motorul trebuie să se deplaseze spre dreapta), forța rezultantă pe piston în partea stîngă trebuie să fie mai mare decît cea din partea dreaptă. Circuitul echivalent E, poate fi înlocuit în general printr-o forță exterioară (arc, greutate, etc.), ca în figura 3.50. În locul schemei din figura *b* se poate utiliza o schemă simplificată, în care în locul semipunții A, se folosește o semipunte B avînd rezistența de intrare $R_i = 0$ (fig. 3.51). Aici, în poziția *1* a distribuitorului, trecerea este droselizată.

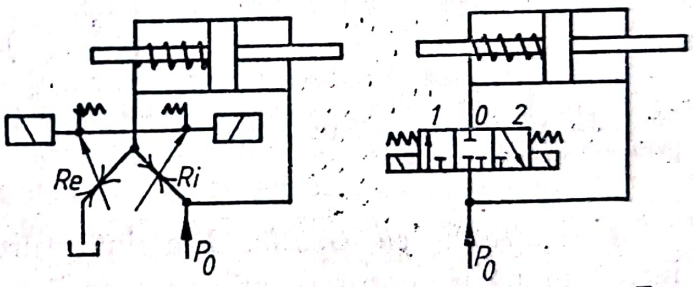


Fig. 3.49. Circuit de inversare cu semipunte E.

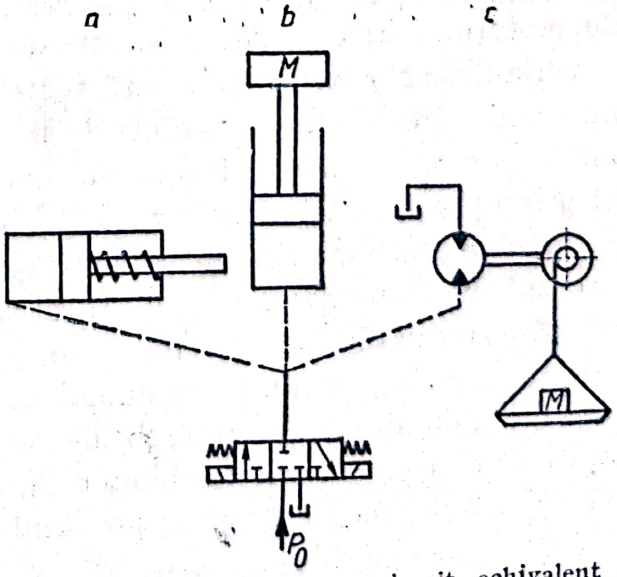


Fig. 3.50. Circuit de inversare circuit echivalent E înlocuit printr-o forță exterioară.

Inversarea cu pompe reglabile se realizează prin inversarea excentricității pompelor cu palete sau pistonașe radiale, sau a înclinării pompelor cu pistonașe axiale.

2. Circuite pentru reglarea vitezei prin dozarea debitului (în cazul utilizării pompelor cu debit constant).

Scanned with OKEN Scanner

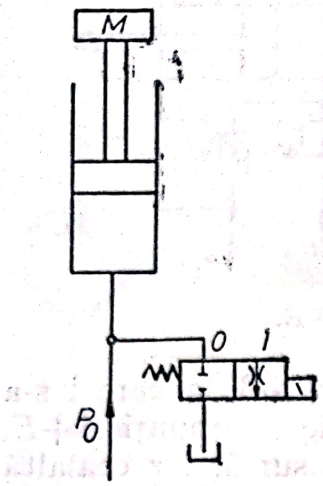


Fig. 3.51. Circuit de inversare cu circuit echivalent *B*.

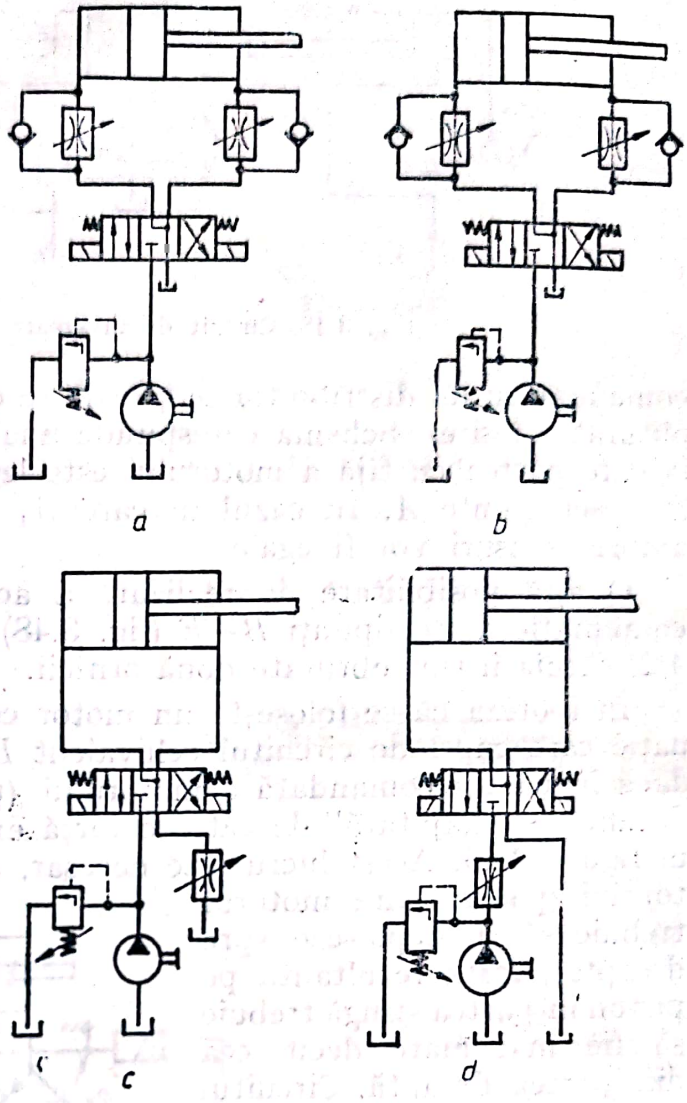


Fig. 3.52. Circuite de reglare a vitezei prin dozarea debitului.

a — circuite cu drosele. Ele sînt utilizabile, numai în cazurile în care între pompă şi motor se află un ventil maximal, prin care se deversează spre rezervorul hidraulic debitul de ulei care nu poate trece prin drosel. În figura 3.52, variantele *a* şi *b*, se realizează reglarea vitezelor de deplasare ale motorului în cele două sensuri de deplasare în mod independent, iar în variantele *c* şi *d*, se realizează reglarea dependentă a ambelor viteze cu un singur drosel. În variantele *b* şi *d*, droselizarea se face în porţiunea dintre pompă şi motor, iar în variantele *a* şi *c*, între motor şi rezervor. În primul caz, există dezavantajul că în cazul unei sarcini nule la motor, pistonul nu este cuprins între două forţe, avînd tendinţa să „sară", (sau în cazul unei sarcini variabile). În al doilea caz acest dezavantaj este eliminat, pistonul fiind cuprins mereu între două forţe de sens opus. În schimb, motorul trebuie asigurat nu numai cu presiunea determinată de sarcină, ci şi de diferenţa de presiune pe drosel (care constituie o a doua sarcină). În cazul motoarelor cu tijă bilaterală, se mai adaugă şi faptul că suprafeţele pistonului nefiind egale, presiunile în cele două părţi ale lui diferă.

b — circuite cu regulatoare de debit. Regulatoarele de debit se pot monta între pompă şi motor, între motor şi rezervor, în derivaţie, (bypass),

Scanned with OKEN Scanner

sau în circuit de redresare hidraulică (punte Graetz), figura 3.53). Varianta prezentată în figură, permite utilizarea regulatorului pentru ambele sensuri de redresare. Acesta poate fi montat şi între pompă şi distribuitor. Analizînd schema, se constată că pentru ieşirea pistonului din motor, regulatorul va lucra între motor şi rezervor, iar pentru sensul invers, între pompă şi motor.

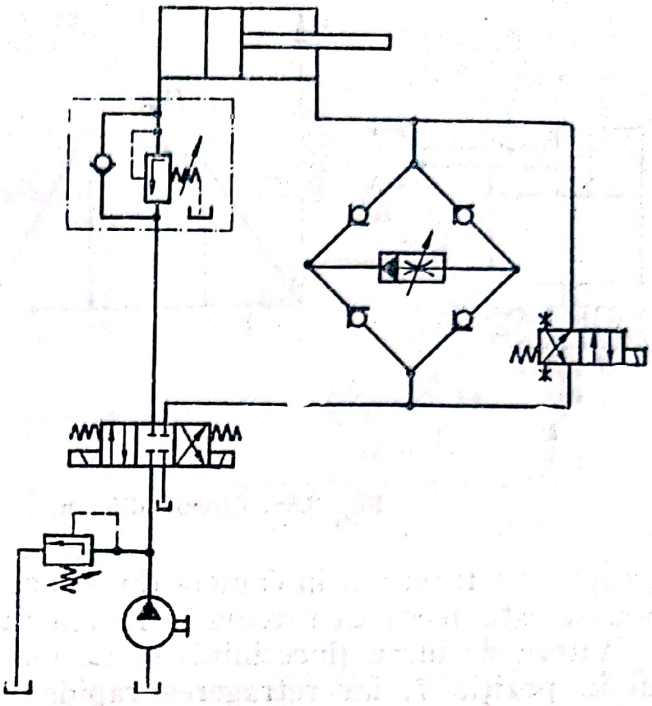


Fig. 3.53. Circuit cu punte Graetz.

c — circuite de reglare a mai multor viteze ale motorului hidraulic, alimentat de la o singură sursă. În figura 3.54 se prezintă o variantă care utilizează două regulatoare de debit legate în serie, realizîndu-se, la ieşirea pistonului, trei viteze distincte. Pentru poziţia *1* a distribuitorului D_3, se notează: $D_3(1)$, se obţine viteza maximă deoarece fluidul ocoleşte regulatoarele prin distribuitor, pentru $D_1(0)$ şi $D_2(1)$, se obţine o viteză corespunzătoare reglajului lui V_{r1}, iar pentru $D_1(0)$ şi $D_2(0)$, fluidul va trece prin ambele regulatoare.

d — circuiti diferenţiale (regenerative). În vederea ieşirii mai rapide a pistonului unui motor cu tijă unilaterală (diferenţial), făcînd economie de debit (de putere), se folosesc circuitele diferenţiale (figura 3.55, *a*). Aici, camera din partea dreapta a motorului va funcţiona ca şi o pompă, care va debita fluid în circuitul de alimentare a camerei din stînga. În poziţia de zero a distribuitorului, pistonul va ieşi rapid, deoarece debitul pompei va acţiona numai asupra secţiunii tijei pistonului. Uleiul din camera din

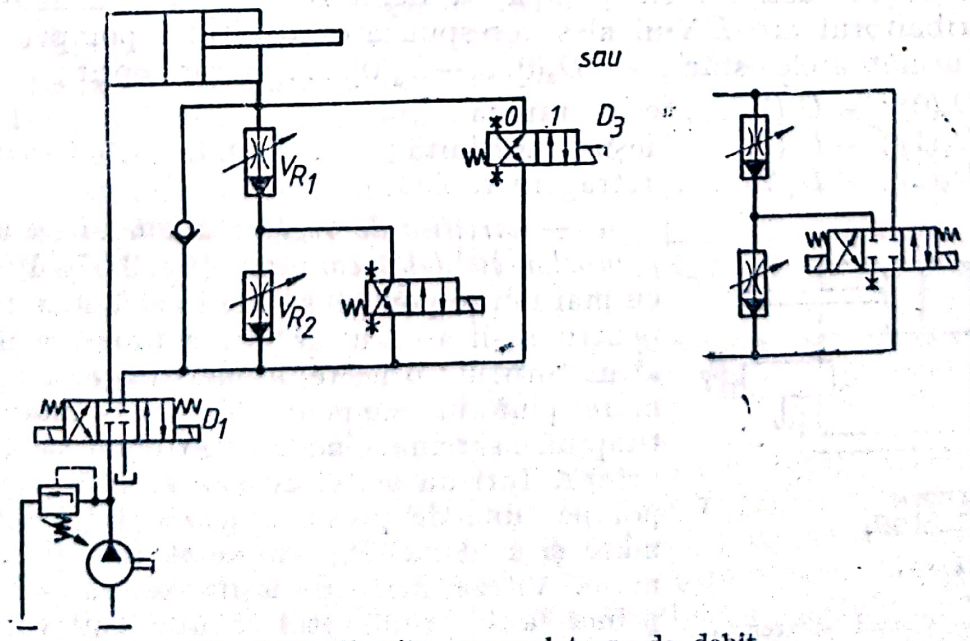


Fig. 3.54. Circuite cu regulatoare de debit.

Scanned with OKEN Scanner

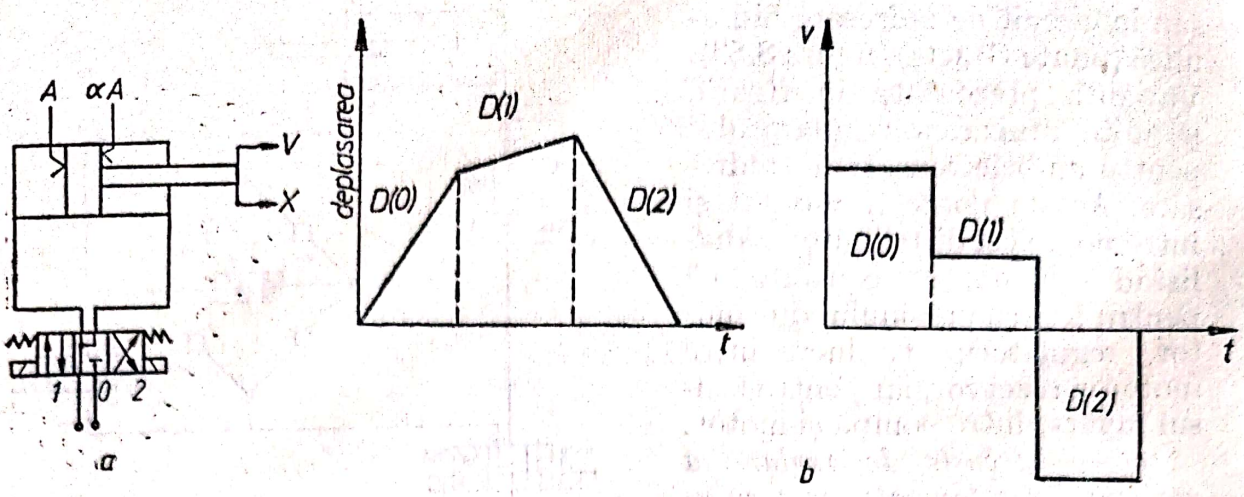


Fig. 3.55. Circuit diferențial cu un distribuitor.

dreapta, va fi refulat în camera din stînga a motorului. O condiție de funcționare este aceea ca sarcina la ieșirea rapidă să fie redusă.

Viteza de lucru (încetinită) se va realiza prin comutarea distribuitorului în poziția *1*, iar retragerea rapidă, prin comutarea în poziția *2* (fig. 3.55, *b*). Astfel se obțin următoarele viteze:

$v_0 = Q/(1 - \alpha)$ (viteza rapidă de ieșire) (3.61)

$v_1 = Q/A$ (viteza încetinită de ieșire) (3.62)

$v_2 = Q/\alpha \cdot A$ (viteza rapidă de retragere) (3.63)

Dacă $\alpha = 0{,}5$, atunci $v_0 = v_2$.

Dezavantajul acestei scheme constă în faptul că oprirea motorului este posibilă numai la capete de cursă și nu în orice poziție. Un alt dezavantaj, este acela al dimensiunii nominale (*DN*) mari a distribuitorului, care este corespunzătoare sumei celor două debite și nu numai debitului celor două pompe. Avantajos este faptul că pompa este mică și implicit puterea ei de antrenare.

Dezavantajele sus amintite, se elimină prin schema reprezentată în figura 3.56. Aici, motorul poate fi oprit în orice poziție, distribuitorul poate fi cuplat astfel încît pompa să debiteze fără sarcină în rezervor, iar distribuitorul are *DN*-ul ales corespunzător debitului pompei. Se pot obține următoarele stări: — $D_2(0)$; $-D_1(0)$ ... motor oprit;

— $D_2(0)$; $-D_1(1)$ ... ieșire rapidă;
— $D_2(1)$; $-D_1(1)$ ... ieșire încetinită;
— $D_2(2)$; $-D_1(2)$ ... retragere rapidă.

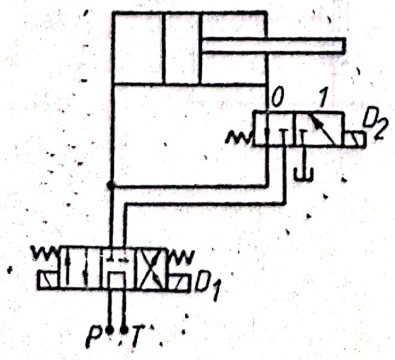


Fig. 3.56. Circuit diferențial cu două distribuitoare.

e — circuite de reglare a vitezei cu ajutorul pompelor cu debit constant (fig. 3.57). Procedeul cu mai multe pompe se utilizează mai frecvent pentru realizarea următorului program de lucru al motorului: o ieșire, la mers în gol, cu o viteză mare pînă în momentul în care motorul întîmpină o sarcină, cînd acesta trebuie să-și reducă viteza. Într-un astfel de caz se utilizează două pompe, una de presiune joasă (P_p) și debit mare și a doua P_p, cu debit mic și presiune mare. Viteza mare de ieșire se va asigura în prima fază, prin faptul că în circuit vor debita ambele pompe. Cînd sarcina motorului crește,

va crește și presiunea în circuit, comandînd supapa de decuplare (ventilul) V_D, debitul pompei fiind deversat, fără sarcină în rezervor (P_r). În continuare pistonul va fi alimentat numai de către pompa P_p. Decuplarea se poate realiza și cu un distribuitor comandat electric dependent de poziția tijei motorului sau de către un releu de presiune. Acest sistem se poate aplica și la motoarele cu tijă bilaterală.

f — circuite de obținere a vitezelor mari cu ajutorul pompelor de debit reglabil (fig. 3.58). În figură se reprezintă o schemă cu o pompă autoreglabilă în funcție de presiune. Cît timp motorul nu întîmpină nici o sarcină (presiunea p este mică), pompa alimentează circuitul, cu debit maxim. După terminarea cursei în gol, cu creșterea presiunii, motorul de comandă M_c va regla pompa micșorîndu-i debitul, dependent de presiune. Un asemenea circuit, este indicat pentru funcția de strîngere (menținerea unei anumite presiuni, debitul dat de pompă acoperind doar pierderile volumice).

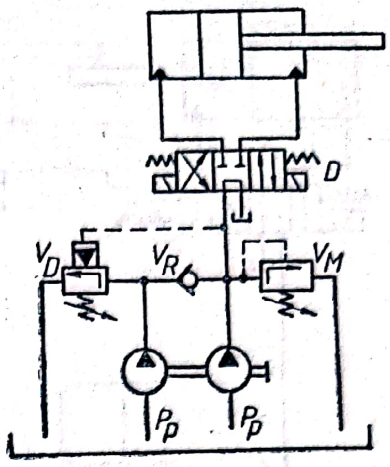
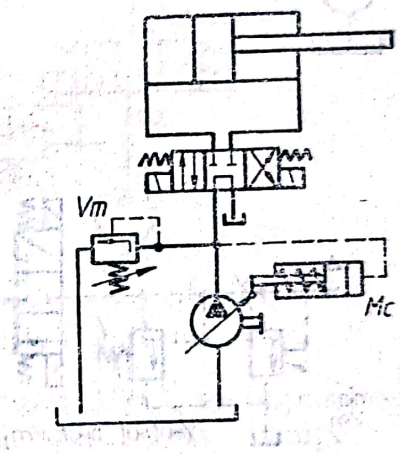


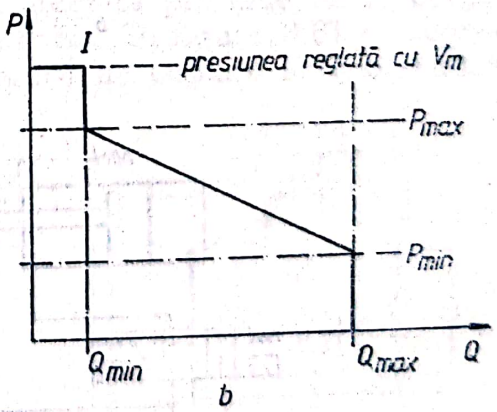
Fig. 3.57. Circuit de reglare a vitezei cu ajutorul pompelor cu debit constant.

3. Circuite cu supape comandate în funcție de presiune. O asemenea problemă se pune acolo unde pe parcursul ciclului mașinii aceasta trebuie să lucreze la diferite trepte de presiune.

O schemă care rezolvă o asemenea cerință, este reprezentată în figura 3.59. Aici conducta de comandă a ventilului maximal V_m (pilotat) va fi legată, printr-un distribuitor 3/3, cu alte ventile pilot. În poziția distribuitorului $D_1(0)$, presiunea din sistem va fi reglată cu ventilul pilot V_{m1}. Prin comutările $D_1(1)$ și $D_1(2)$, conducta de comandă va fi legată și cu ventilele pilot V_{m2} și V_{m3}, presiunea de comandă fiind determinată acum de acel ventil pilot, care este reglat la presiunea mai joasă, deoarece $p_1 > p_2 > p_3$. Astfel, cu această schemă, în sistem va fi reglată presiunea p_1, dacă $D_1(0)$, respectiv p_2 dacă $D_1(1)$ sau p_3 dacă $D_1(2)$, deci trei presiuni distincte. Rezultate asemănătoare se pot obține și cu ventile maximale proporționale, unde programarea presiunii se face prin programarea electrică a forței electromagnetului (a curentului de alimentare a acestuia). În figura 3.60 se reprezintă o comandă simplificată a două motoare liniare legate

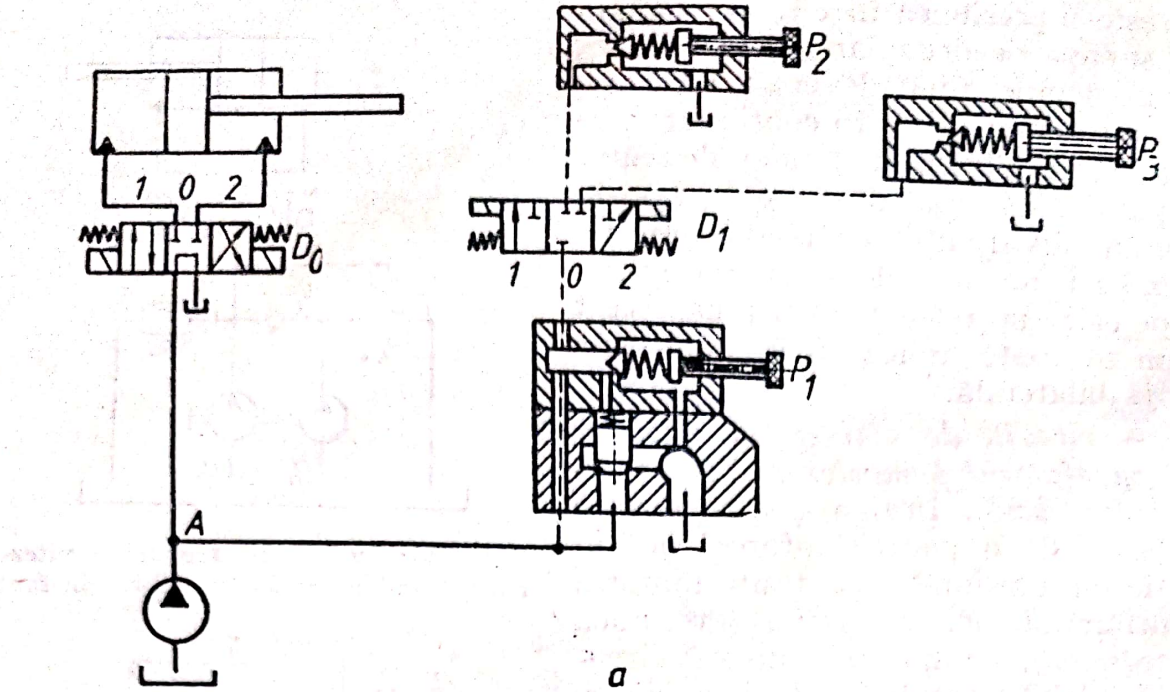


a

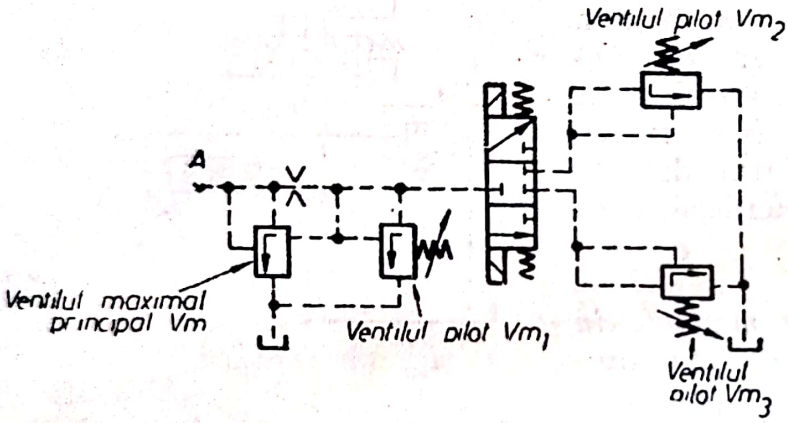


b

Fig. 3.58. Circuit de obținere a vitezelor mari cu ajutorul pompelor cu debit reglabil.



a



b

Fig. 3.59. Circuit cu supape comandate în funcţie de presiune.

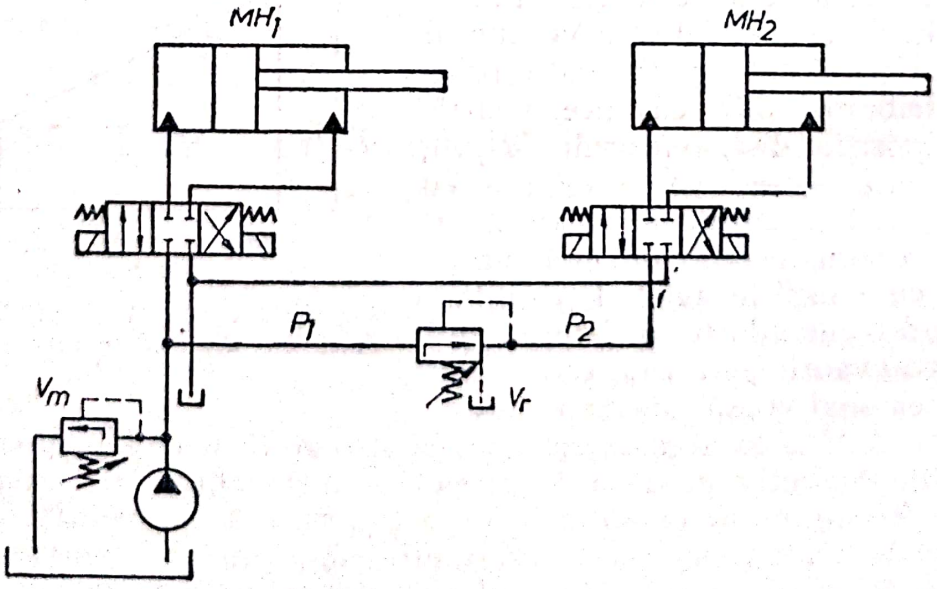
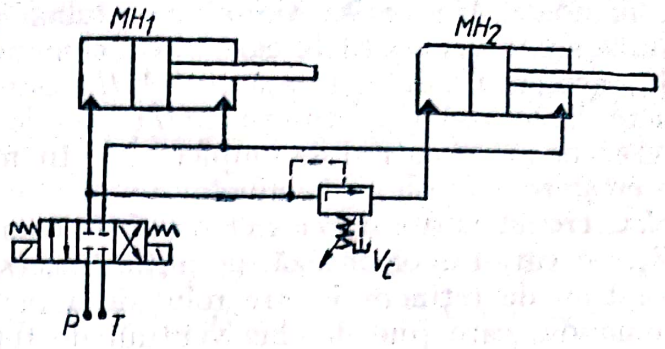


Fig. 3.60. Circuit de comandă pentru două motoare liniare legate în paralel.

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 3.61. Circuit de comandă pentru două motoare liniare legate în paralel utilizînd ventil de succesiune.



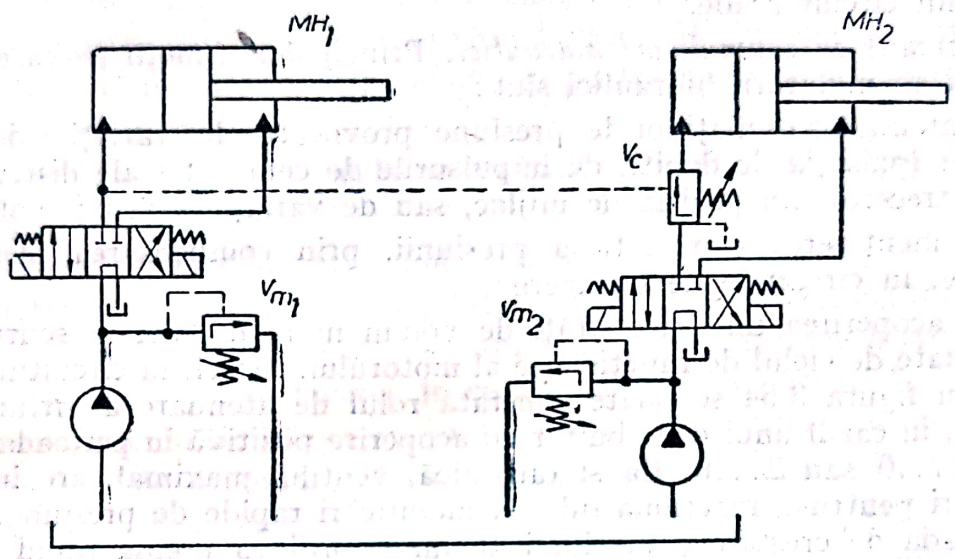


Fig. 3.62. Circuit cu ventil de cuplare comandat extern.

în paralel, pentru care în circuitul motorului $MH2$, se impune o presiune mai scăzută decît în circuitul motorului $MH1$. Între pompă şi circuitul motorului $MH2$ este introdus ventilul de reducţie V_r, care va reduce presiunea în acest circuit la valoarea $p_2 < p_1$. Această presiune va fi menţinută chiar dacă motorul $MH2$ nu consumă debit. În figura 3.61 se reprezintă o schemă în care se utilizează un ventil de cuplare autocomandat (ventil de succesiune). Aici, la atingerea unui anumit nivel de presiune în circuitul motorului $MH1$, motorul $MH2$ va fi cuplat, menţinîndu-se presiunea la motorul $MH1$. În figura 3.62 se reprezintă o schemă la care ventilul de cuplare este comandat extern. Aici motoarele $MH1$ şi $MH2$ au circuite distincte. Motorul $MH2$ va fi cuplat atunci cînd în circuitul motorului $MH1$ s-a creat un anumit nivel de presiune. Ventilul de decuplare se va deschide atunci complet. În figura 3.63 se reprezintă o schemă de comandă a două motoare tandem, la care se utilizează un ventil de cuplare auto-

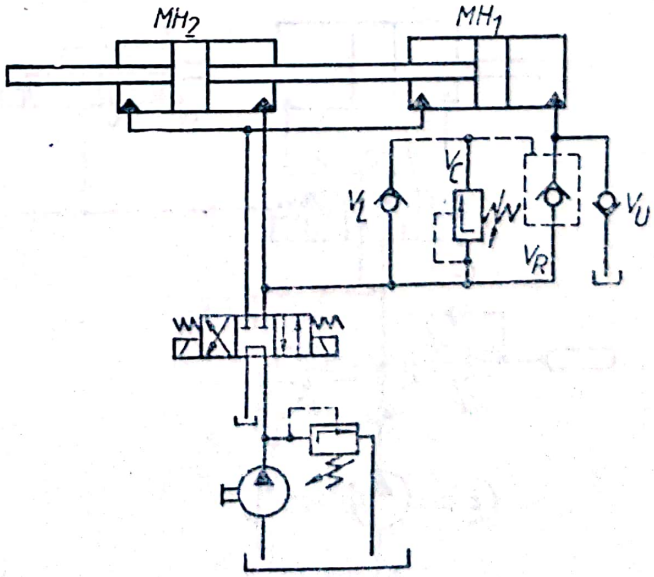


Fig. 3.63. Schemă de comandă pentru două motoare tandem.

Scanned with OKEN Scanner

comandat. Aici, atîta timp cît sarcina la tija motoarelor crează o presiune sub nivelul aceleia care poate comanda deschiderea supapei de cuplare V_c, accesul fluidului la motorul $MH1$ este oprit, de către ventilul de reţinere deblocabil V_R. Motorul $MH1$ tras de către $MH2$, va aspira lichid din rezervor prin ventilul de umplere V_u. În momentul în care sarcina produce o creştere a presiunii la nivelul amintit, ventilul de cuplare deschide complet, creînd posibilitatea lichidului de comandă să aibă acces spre ventilul V_R, pe care-l deblochează, permiţînd accesul fluidului către motorul $MH1$. Ventilul de reţinere V_r are rolul de a permite „descărcarea" presiunii de comandă, care ţine deschis ventilul de reţinere V_R, în cazul în care presiunea din circuit scade.

4. Circuite cu acumulatori hidraulici. Principalele funcţii pe care le pot îndeplini acumulatorii hidraulici sînt:

a — atenuarea oscilaţiilor de presiune provocate de variaţia debitului pompelor (pulsaţia de debit), de impulsurile de comutaţie ale distribuitoarelor la trecerea din poziţia de mijloc, sau de variaţia sarcinii motorului;

b — menţinerea constantă a presiunii, prin compensarea pierderilor volumice, în circuitele de strîngere;

c — acoperirea unei necesităţi de volum mare de ulei în scurt timp, determinate de ciclul de funcţionare al motorului. Astfel, în circuitul reprezentat în figura 3.64 se poate constata rolul de atenuare a vîrfurilor de presiune, în cazul unui distribuitor cu acoperire pozitivă în perioada comutărilor 1...0 sau 2...0. Ca şi dinamică, ventilul maximal, are întîrzieri prea mari pentru a reacţiona fidel la modificări rapide de presiune. Astfel în perioada de creştere a presiunii, acumulatorul va prelua rapid excesul de ulei, în timp ce ventilul întîrzie (chiar în cazul unor creşteri mici de presiune). El redă acest exces — cu temporizare prin drosel — atunci cînd ventilul a început să se deschidă. În figura 3.65 se reprezintă schema necesară unor funcţii de strîngere a pieselor, blocări în ghidaje etc. Aici, la începutul procesului de strîngere, pompa încarcă acumulatorul la presiuni în continuă creştere. La atingerea presiunii la care este reglat ventilul de decuplare V_D, acesta se va deschide şi pompa va debita prin el — fără

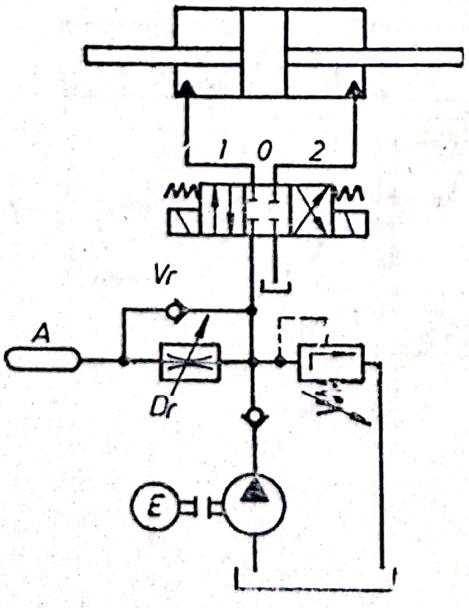


Fig. 3.64. Circuit cu acumulator hidraulic pentru atenuarea vîrfurilor de presiune.

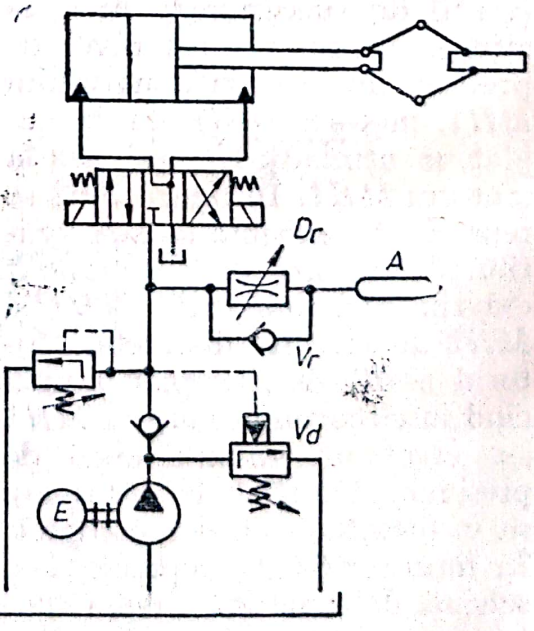


Fig. 3.65. Circuit cu acumulator pentru realizarea unor funcţii de strîngere.

Scanned with OKEN Scanner

presiune — în rezervor. De aici înainte, acumulatorul va acoperi (în timpul strîngerii) pierderile volumice de fluid, ceea ce duce la scăderea înceată a presiunii. Dacă această cădere devine prea mare, ventilul V_D se închide, reîncepînd încărcarea acumulatorului. Acumulatorul are o comportare similară şi în cazul oscilaţiilor mari de sarcină. Pentru aplatisarea pulsaţiilor de debit ale pompei, acumulatorul se foloseşte fără droselul D_R şi ventilul de reţinere V_R. Rolul droselului D_R, este acela de a limita viteza de retragere a motorului (retragere care are loc sub sarcină). Circuitul reprezentat în figura 3.66 este convenabil pentru:

— acoperirea cu fluid în cazul unei necesităţi momentane mari ca: mersul rapid al motorului, sau comutarea pentru alimentarea concomitentă a mai multor motoare;

— ridicarea şi menţinerea la valori înalte a unei presiuni (ca de exemplu la presare.)

Pentru ieşirea rapidă a tijei motorului serveşte pompa cu presiune joasă P_{pj} şi debit mare, precum şi acumulatorul A_{pj}. Droselul D_j, reglează viteza de ieşire. În momentul în care motorul întîmpină o sarcină mare (presare propriu-zisă), pompa va încărca în continuare acumulatorul A_{pj}. La atingerea unei presiuni limită, ea va produce comutarea $D_2(1)$, iar după scurt timp, ventilul de decuplare V_{Dj} se va deschide şi pompa P_{pj} va debita spre rezervor. Deci acest ventil este reglat la o presiune ceva mai mare decît D_2. În perioada de lucru la presiune mare, cînd debitul este mic, A_{Pi}, preia sarcina de menţinere constantă a presiunii. Pompa $P_{Pi}(V_{Di})$ va fi cuplată numai atunci la circuit dacă presiunea scade prea mult. La retragerea motorului, acumulatorul A_{pj} va ajuta din nou pompa P_{pj}.

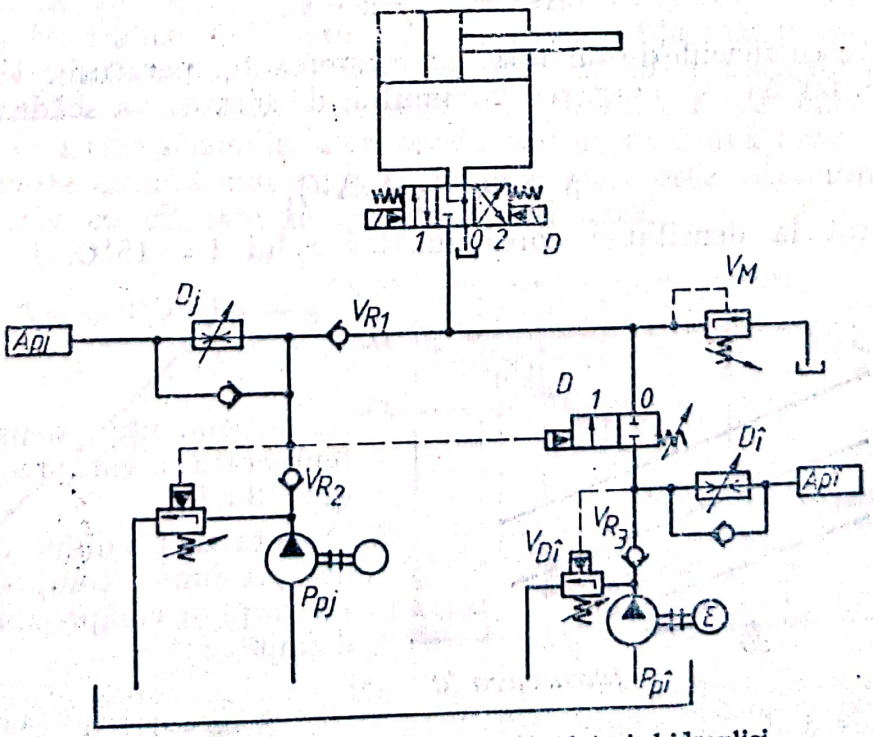


Fig. 3.66. Circuit cimplex cu acumulatori hidraulici.

Scanned with OKEN Scanner

3.4.2. Lichidele folosite în acționarea hidrostatică și proprietățile lor

Cele mai folosite medii de transmitere a energiei hidraulice sînt uleiurile minerale. Proprietățile lor depind foarte mult de constituția lor chimică, cît și de felul rafinării. Pentru îmbunătățirea proprietăților lor, uleiurile de bază se aditivează. Uleiurile pe bază minerală pot fi împărțite în trei grupe:

1 — fără aditivi;

2 — cu aditivi pentru îmbunătățirea tendinței de îmbătrînire și în vederea protecției la corosiune;

3 — cu aditivi suplimentari, pentru îmbunătățirea capacității de ungere.

Sînt situații în care, se utilizează soluții de ulei și apă sau lichide speciale (sintetice), din polimeri ai oxidului de siliciu, sau compuși pe bază de eteri, care se caracterizează printr-o înaltă stabilitate a viscozității (indice Dean-Davis ridicat) și prin inerție chimică. Pentru solicitări ușoare pot fi utilizate uleiurile H19, H35, H57, (STAS 9506-74), precum și uleiuri hidraulice aditivate H12, H20, H30, H38, (STAS 9691-74), pentru presiuni de maximum 300 daN/cm² și temperaturi cuprinse între 25 și 85 °C.

Dintre proprietățile cele mai importante ale lichidelor din punct de vedere fizic se remarcă viscozitatea și densitatea.

Densitatea. Pierderile prin conductele propriu-zise și prin circuitele aparatelor hidraulice sînt direct proporționale cu densitatea lichidului întrebuințat, ρ.

$$p = C \cdot \rho/2 \cdot v^2, \tag{3.64}$$

unde $\rho/2 \cdot v^2$ este energia lui cinetică, iar C un coeficient specific secțiunii de trecere, care arată procentul pierdut din această energie. Deoarece cu creșterea temperaturii crește volumul fluidului cu:

$$\Delta V = V_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t, \tag{3.65}$$

unde α este coeficient de dilatare, Δt creșterea temperaturii, V_0 — volumul inițial, iar ΔV — creșterea volumului, densitatea va scădea la valoarea:

$$\rho = m/(V_0 + \Delta V), \tag{3.66}$$

sau raportat la densitatea corespunzătoare lui $t = 15$ °C, la valoarea:

$$\rho = \rho\,15°C/1 + \alpha(t° + 15°C) \tag{3.67}$$

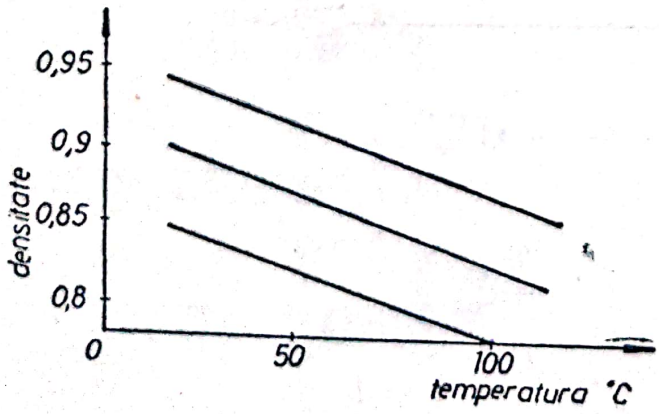


Fig. 3.67. Dependența viscozității de temperatură.

Dependența densității cu temperatura este redată în figura 3.67.

Densitatea fluidului depinde și de presiune (compresibilitate). Factorul de compresibilitate este definit ca:

$$\beta = -1/V \cdot \left(\frac{dv}{dp}\right)_t. \tag{3.68}$$

Scanned with OKEN Scanner

Cu micşorarea volumului, datorită presiunii, densitatea va creşte:

$$\rho = \rho_0/(1 - \beta \cdot \Delta p) \tag{3.69}$$

Valorile lui $1/\beta = E_r$ au semnificaţia unui modul de elasticitate, care pentru ulei mineral are valoarea $E_r = 2 \cdot 10^9$ N/m². Tot pentru ulei mineral, coeficientul de dilatare $\alpha = 6{,}5 \cdot 10^{-4}$ (17°C), iar densitatea la 15°C, are valorile cuprinse între 0,87 ... 0,9 daN/m³.

Viscozitatea este mărimea care descrie capacitatea de ungere a fluidului. Se cunosc: — viscozitatea dinamică, $\eta = \rho \cdot \nu$ [N·s/m²] (3.70)
Ca unitate uzuală se foloseşte Poise-ul: 1P = 100 cP = 0,1 N·s/m²;
— viscozitatea cinematică, $\nu = \eta/\rho$ [m²/s] (3.71)
Ca unitate uzuală, se foloseşte Stokes-ul: 1St = 100 cSt = 10^{-4}m²/s. În practică, se utilizează unitatea convenţională numită grad Engler, care se defineşte, ca fiind raportul dintre timpul de scurgere printr-un capilar de $d = 2{,}8$ mm a 200 cm³ de ulei la temperatura de măsurare şi acela al scurgerii aceluiaşi volum de apă distilată la 20°C. Legătura dintre gradul Engler şi viscozitatea cinematică se face prin relaţia:

$$°E = 6{,}84(\nu + \sqrt{\nu^2 + 0{,}01845}) \tag{3.72}$$

sau grafic (fig. 3.68)

Exemplu: 4,5°E = 34 cst; 13,5°E = 100 cst.
Viscozitatea prezintă cea mai mare sensibilitate în raport cu temperatura. În figura 3.69 (se prezintă această dependenţă pentru diferite fluide hidraulice. Curba *1* se referă la hidrocarburi clorinate, *2* la un fluid la care baza compusului este esterul acidului fosforic, *3* este un amestec de 1 şi 2,4 la un ulei care are 36 cSt la 50°C, iar *5* la o soluţie apoasă de poliglicoli. De aici se vede că pentru fluidele sintetice, în zona temperaturilor joase, viscozităţile cresc mai accentuat, decît pentru celelalte fluide. În general, acel fluid este mai bun (din acest punct de vedere) care are curba mai aplatisată. Un indicator important pentru relaţia viscozitate-temperatură este indicele de viscozitate. El indică poziţia curbei fluidului dat în figura de mai sus. Un indice mai mare indică o dependenţă mai mică a viscozităţii cu temperatura. Acest indice, pentru uleiurile normale are valori cuprinse între 95 ... 100, dar prin aditivare această valoare poate fi mărită.

Viscozitatea este sensibilă şi cu presiunea: cu creşterea presiunii, creşte şi ea. Ea creşte cu atît mai mult cu cît mai mare este viscozitatea nominală, respectiv cu cît este temperatura mai joasă.

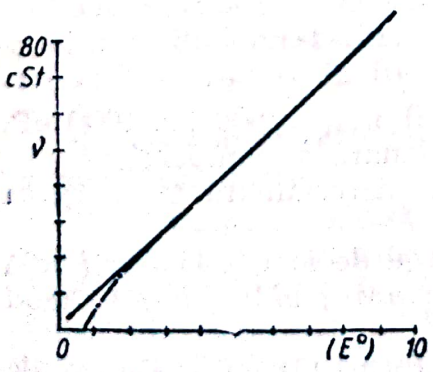


Fig. 3.68. Corelaţia dintre viscozitatea cinematică şi cea exprimată în °E.

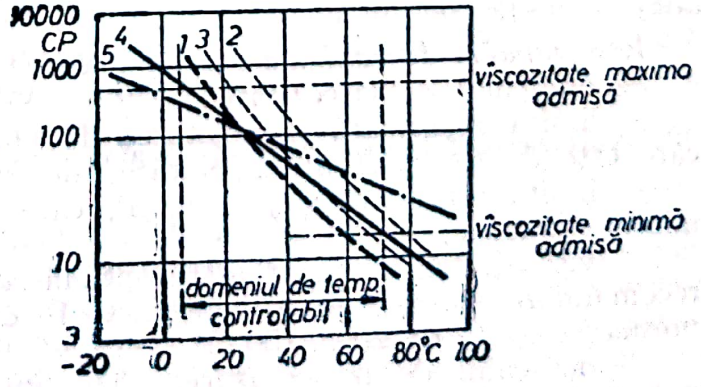


Fig. 3.69. Dependenţa dintre viscozitatea dinamică şi temperatura lichidului de lucru.

Scanned with OKEN Scanner

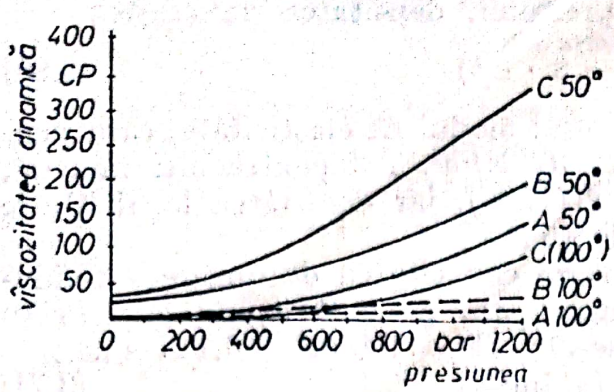


Fig. 3.70. Variația viscozității dinamice cu presiunea.

$$\eta = \eta_0 \cdot e^{b \cdot p}, \qquad (3.73)$$

unde pentru uleiurile minerale $b = (2 \ldots 3) \cdot 10^{-3} cm^2/daN$. Creșterea viscozității cu presiunea este un avantaj la funcționarea lagărelor sub sarcină. În figura 3.70 (se prezintă variația viscozității dinamice cu presiunea.

Capacitatea de dizolvare a gazelor se exprimă prin relația lui Dalton:

$$V_G = V_F \cdot p/p_0 \cdot \alpha_v, \qquad (3.74)$$

unde V_G este volumul de gaz dizolvat; V_F — volumul fluidului; p_0 — presiunea atmosferică; p — presiunea absolută; α_v — coeficientul lui Bunsen.

În mod normal, gazul dizolvat nu are nici o influență asupra fluidului, dar la viteze mari de curgere și la solicitări de forfecare, el îl poate părăsi producîndu-se fenomenul de cavitație. Aceasta apare mai ales în conductele și canalele de aspirație ale pompelor (pe baza presiunii absolute scăzute), prin pierderea laminarității scurgerii în secțiuni mici, filtre, coturi, înălțimi prea mari de aspirație sau a viscozității prea mari. Ea mai apare în rezistențe ca: drosele, obturări muchii de comandă (pe baza presiunii mici la viteze mari ale curentului volumic). Cavitația are ca și urmare eroziuni ale părților componente ale pompei, pierderi de putere, impulsuri de presiune, zgomot. În rezistențele circuitului provoacă zgomot, instabilitatea comenzii droselului și formarea spumei în rezervor.

Capacitatea de separare a aerului și formarea spumei. Prin scurgerea în curent liber, a lichidului în rezervor, acesta poate antrena aer. Aerul poate pătrunde și prin locuri de infiltrare datorită vîrtejurilor din rezervor sau prin cavitație. Acesta trebuie îndepărtat din lichid înainte de a fi aspirat din nou. Prezența aerului este marcată de apariția spumei în rezervorul hidraulic, și reprezintă aer separat. Ea poate fi redusă prin aditivi, care la rîndul lor înrăutățesc capacitatea de separare a aerului.

Alterarea fluidului constă în oxidarea și polimerizarea lui. Această alterare este accelerată prin temperaturi înalte de funcționare, aer, apă și alte impurități și în prezența catalizatorilor metalici (în special Cu și aliajele sale).

Recomandări de exploatare a fluidului:

— domeniul de viscozitate;

— limita superioară (viscozitatea de pornire) $\eta_{max} = 800 \ldots 1000$ cP, care este determinată de capacitatea de funcționare a pompei;

— limita inferioară $\eta_{min} = 10$ cP, care este determinată de ungerea minimă admisă;

— viscozitatea de funcționare optimă se alege de la caz la caz (după recomandarea întreprinderii constructoare de aparataj hidraulic). În mod normal, ea este de 20 ... 30 cP;

— domeniul de temperaturi: 50 ... 60 °C (pentru soluții apoase de polialkylenyglicoli, ceva mai joasă);

— cantitatea de lichid: la instalații staționare (cazul mașinilor-unelte), trebuie să fie de 3 ... 5 ori debitul.

Scanned with OKEN Scanner

Pierderile în circuitele hidraulice pot fi considerate ca şi pierderi de presiune prin rezistenţe. Pierderile prin frecare în conducte pot fi calculate pe porţiuni distincte şi însumate. Astfel:

$$\Delta P = \Sigma \lambda l \cdot \rho \cdot v^2/2 \cdot d. \quad (3.75)$$

Aici, pierderile depind de mărimea caracteristică λ, numit coeficient de rezistenţă. În figura 3.71 se prezintă, în coordonate dublu logaritmice, dependenţa acestui coeficient faţă de numărul lui Reynolds. Alura acestei curbe este determinată şi în funcţie de rugozitatea interioară a conductei R_a. Aici sînt valabile următoarele dependenţe:

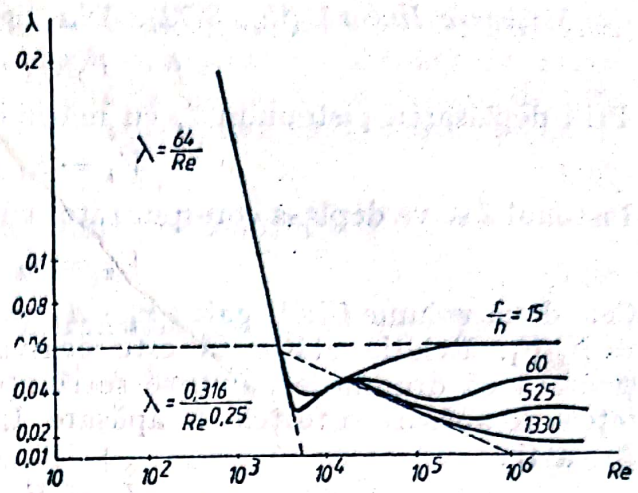


Fig. 3.71. Dependenţa coeficientului rezistenţei hidraulice faţă de numărul lui Reynolds.

$$\lambda = 64/\mathrm{Re} \quad (3.76)$$

— pentru regim laminar şi modificări izoterme,

$$\lambda = 75/\mathrm{Re} \quad (3.77)$$

— pentru regim laminar şi modificări adiabatice,

$$\lambda = 0{,}316/\mathrm{Re} \quad (3.78)$$

— pentru conducte netede şi regim turbulent pînă la $\mathrm{Re} = 80.000$. cu cît rugozitatea este mai mare, raportul razei conductei faţă de mărimea ei va fi mai mic şi coeficientul de rezistenţă mai mare.

Pierderile în ramificaţii, supape şi rezistenţe asemănătoare, se determină cu relaţia:

$$\Delta p = \Sigma \zeta \cdot \rho/2 \cdot V^2, \quad (3.79)$$

unde coeficientul de pierdere ξ, trebuie determinat de la caz la caz, de exemplu: — racord drept $\xi = 0{,}5$;
— racord în unghi $\xi = 1{,}0$;
— supape, robinete $\xi = 3 \ldots 6$.

Coeficientul de pierderi nu este constant, ci depinde la rîndul său de numărul lui Reynolds. Aici însă turbulenţa apare la un număr Reynolds mult mai mic. Prin crestături şi fante care servesc la reglarea debitului, această trecere se produce la $\mathrm{Re} = 200 \ldots 400$.

Cîteva consideraţii teoretice şi relaţii de bază, în acţionarea hidraulică a maşinilor-unelte

Hidrostatica se referă la lichidele ideale despre care se consideră că nu au masă, frecări interne şi nu se comprimă. Comportarea unui sistem hidraulic va fi şi ea ideală dacă transportul lichidului se face fără pierderi. Lipsit de masă, lichidul ideal nu poate avea energie cinetică, iar pentru transportul său nu este nevoie de lucru mecanic. Absenţa frecărilor interne presupune lipsa de viscozitate a lichidului. Pentru aceste lichide, legea lui Pascal arată că acţiunea unei forţe asupra unui lichid staţionar se propagă după toate direcţiile în interiorul lichidului.

Scanned with OKEN Scanner

Mişcarea liniară (fig. 3.72). Din figură, rezultă că:

$$p = F_1/A_1 = F_2/A_2 \tag{3.80}$$

Prin deplasarea pistonului *1*, cu mărimea x_1, se va disloca volumul:

$$V_1 = x_1 \cdot A_1 \tag{3.81}$$

Pistonul *2* se va deplasa corespunzător cu mărimea x_2 făcînd loc volumului:

$$V_2 = x_2 \cdot A_2 \tag{3.82}$$

Cele două volume fiind egale: $x_1 \cdot A_1 = x_2 \cdot A_2$, respectiv $x_1/x_2 = A_2/A_1 = F_2/F_1$. Relaţia alăturată este echivalentul hidraulic al legii pîrghiilor şi arată că drumurile parcurse se comportă invers proporţional cu suprafeţele de apăsare şi forţele de apăsare. Lucrul mecanic exercitat pe pistonul *1*, va fi:

$$L_1 = F_1 \cdot x_1 \tag{3.83}$$

Înlocuind forţa $F_1 = p \cdot A_1$ şi deplasarea cu $x_1 = V_1/A_1$, rezultă că:

$$L_1 = p \cdot V_1 \tag{3.84}$$

Puterea (lucrul mecanic exercitat în unitatea de timp) va fi:

$$P = \mathrm{d}L/\mathrm{d}t = \mathrm{d}(F \cdot x)/\mathrm{d}t = F \cdot \mathrm{d}x/\mathrm{d}t = F \cdot v. \tag{3.85}$$

Debitul se defineşte ca o cantitate de lichid ce se deplasează printr-o suprafaţă A cu viteza v.

$$Q = A \cdot v, \tag{3.86}$$

deci: $p = F_1/A_1$ şi $Q_1 = A_1 \cdot v_1$ Deci puterea hidraulică, are valoarea:

$$P = F \cdot v = p \cdot Q_1 = F_1/A_1 \cdot A_1 \cdot v_1 = F_1 \cdot v_1;$$

deci:

$$P_1 = p \cdot Q_1. \tag{3.87}$$

Observaţie: În desen ansamblul cilindru piston *1* are funcţie de pompă, iar ansamblul *2* are funcţie de motor.

Mişcarea de rotaţie (fig. 3.73). Relaţii similare se pot deduce pentru deplasare, forţă şi putere şi în cazul în care pompa şi motorul au cîte o suprafaţă A care realizează mişcarea de rotaţie. Aici, în loc de forţe vor

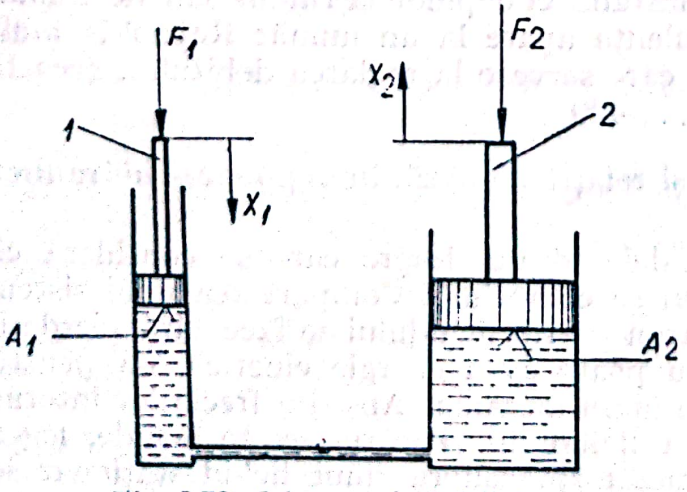


Fig. 3.72. Schema mişcării liniare.

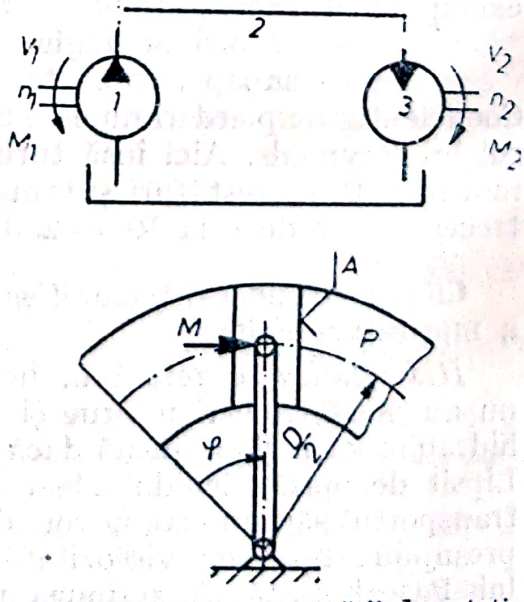


Fig. 3.73. Schema mişcării de rotaţie.

exista momente, iar în loc de viteze — turaţii, considerînd simplificarea că într-un cilindru care are axa circulară se deplasează pistonul cu suprafaţa A. În loc de tije, pistonul se sprijină pe o pîrghie rotitoare, de lungime $D/2$. Volumul dislocat într-o rotaţie a pistonului va fi (pentru pompă):

$$V_1 = \pi \cdot D_1 \cdot A_1 \tag{3.88}$$

iar volumul dislocat în unitatea de timp (debitul), va fi:

$$Q_1 = n_1 \cdot V_1. \tag{3.89}$$

Volumul de lichid, respectiv debitul transmis motorului vor fi:

$$V_2 = \pi \cdot D_2 \cdot A \cdot \tag{3.90}$$

şi

$$Q_2 = n_2 \cdot V_2. \tag{3.91}$$

Cum motorul preia integral aceste mărimi de la pompă, $Q_1 = Q_2$ şi deci $n_1V_1 = n_2V_2$. De aici: $n_2/n_1 = V_2/V_1$. Momentul pompei va fi forţa ori braţul:

$$M_1 = A_1 \cdot p \cdot D_1/2 \tag{3.92}$$

Înlocuind $A_1 = V_1/\pi \cdot D_1$, se obţine:

$$M_1 = V_1/\pi \cdot D_1 \cdot p \cdot D_1/2 = V_1 \cdot p/2 \cdot \pi \tag{3.93}$$

şi analog pentru motor:

$$M_2 = V_2 \cdot p/2\pi, \tag{3.94}$$

de unde raportul momentelor va fi: $M_1/M_2 = V_1/V_2$. Puterea va fi:

$$P_1 = M_1 \cdot \omega_1 \tag{3.95}$$

(unde $\omega_1 = 2\pi \cdot n_1$), sau

$$P_1 = V_1 p/2\pi \cdot \omega_1 \tag{3.96}$$

Deci $P_1 = V_1 \cdot n_1 \cdot p$, sau înlocuind $n_1 = V_1 Q_1$, rezultă:

$$P_1 = Q_1 \cdot p. \tag{3.97}$$

3.4.3. Pompe şi motoare de acţionare

Pompe şi motoare. Ele se folosesc ca şi aparate pentru transformarea energiei. Problema care se pune este de a transforma energia mecanică în energie hidraulică şi invers.

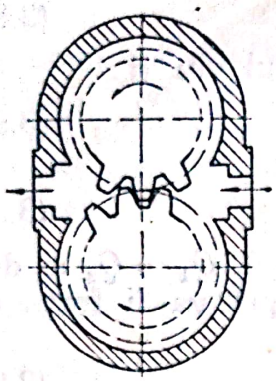
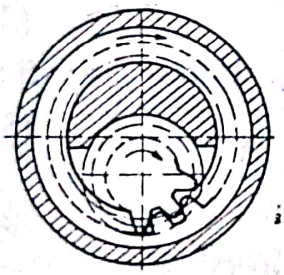
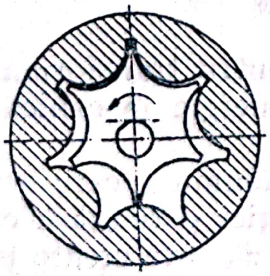
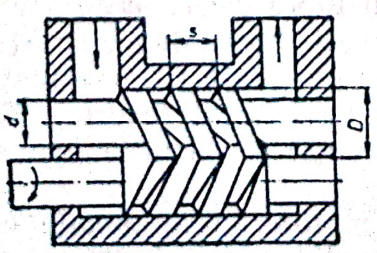
Pompele hidraulice sînt numite în general pompe volumice, care generează o presiune statică, lucrînd după principiul absorbţiei şi refulării care se face la o presiune determinată de mărimea sarcinii rezistente create prin procesul de lucru (natural) sau prin supape de presiune (artificial).

Motoarele hidraulice se deosebesc, puţin, de pompele hidraulice. Majoritatea pompelor pot funcţiona ca motoare. Aşa cum s-a văzut la motoarele electrice, modificarea turaţiei se realizează prin modificarea curentului rotorului, sau a intensităţii cîmpului. La motoarele hidraulice, turaţia depinde de debitul de ulei care acţionează motorul: ea poate fi modificată prin modificarea acestui debit (corespunde reglării curentului rotoric). Ea poate fi reglată şi prin reglarea volumului de absorbţie şi refulare (corespunde reglării cîmpului).

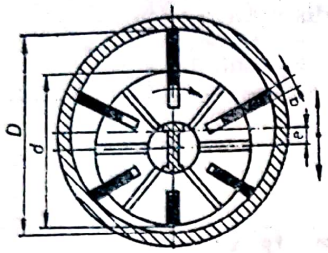
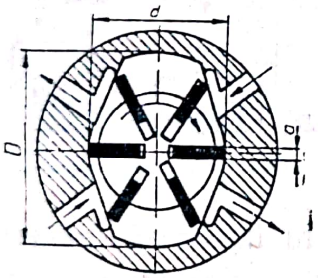
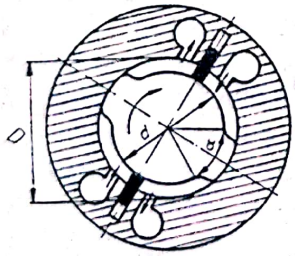
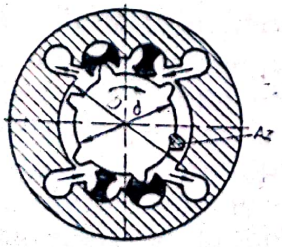
În continuare se prezintă (tab. 3.4) pompele şi motoarele uzuale cu explicaţia sumară a principiului de funcţionare şi de calcul.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.4. **Pompele şi motoarele hidraulice uzuale**

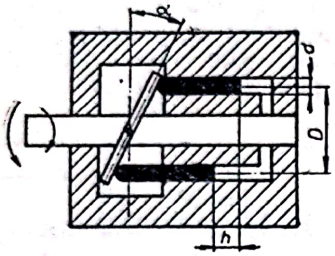
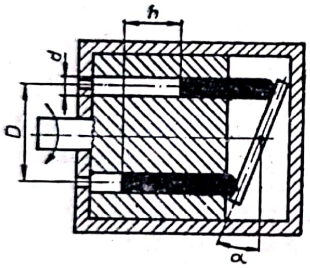
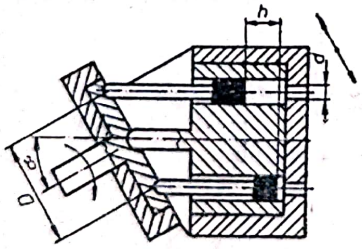
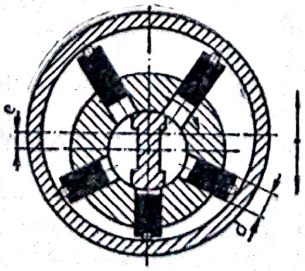
Reprezentarea schematică	Principiu de funcţionare	Relaţii de calcul: V = volumul refulat pe o rotaţie. Valori limită pentru volum şi presiune.
Pompe cu roţi dinţate exterior. 	Golurile dintre dinţi formează, cu carcasa, volumul pentru absorbţie-refulare. Contactul dintre flancuri constituie zona de separare între absorbţie şi refulare. Volumul format nu este reglabil.	$V \cong \pi m.z.b.h$ unde: z este nr. de dinţi a unei roţi; m — modulul; b — lăţimea dintelui; h — înălţimea dintelui; $V = 0{,}4 \div 1\,200$ cm³; $p = 160 \div 200$ daN/cm².
Pompe cu antrenare interioară 	Idem	$V \cong \pi.m.z.b.h$ (pentru o rotaţie a roţii interioare) unde: z este nr. de dinţi a roţii interioare; $V = 0{,}4 \div 1\,200$ cm³; $p = \rightarrow 315$ daN/cm².
Pompe cu inele dinţate 	Rotorul dinţat exterior are un dinte mai puţin decît statorul dinţat interior. Rotorul are o mişcare planetară. Volumul format nu este reglabil.	$V = b(z + 1)(A_{max} - A_{min})$ unde: z este nr. de dinţi ai roţii interioare $V = \rightarrow 150$ cm³ $p = \rightarrow 100$ daN/cm²
Pompe cu şurub 	Volumul de absorbţie se formează între carcasă şi canalul filetului. Astfel se formează „piuliţe lichide" separate prin suprafeţele în contact ale şuruburilor. Volumul format nu este reglabil.	$V = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)\ s + D^2\left(\frac{\alpha}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{2}\right) a,$ cu $\cos \alpha = \frac{D + d}{2D}$; $V = 2 \div 800$ cm³; $p = \rightarrow 200$ daN/cm².

Scanned with OKEN Scanner

Reprezentarea schematică	Principiu de funcționare	Relații de calcul: V = volumul refulat pe o rotație. Valori limită pentru volum și presiune.
Principiul de transformare a volumului de absorbție: între palete		
Pompă cu palete cu distribuitor interior. Paletele fac o cursă dublă pe o rotație 	Paletele lunecă, radial în crestăturile carcasei. Ele formează, cu carcasa, volumul de absorbție (refulare). Reglarea acestui volum și a sensului de aspirație-refulare se face prin variația excentricității. Statorul este circular.	$V = b\left[\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} - a \cdot z(D-d)\right]$ pentru $e = \frac{D-d}{2}$ unde: b — lățimea paletei; z — numărul de palete; $V = 30 \div 800$ cm³; $p = 16 \div 100$ daN/cm².
Pompă cu palete cu distribuție exterioară. Paletele fac mai multe curse duble pentru o rotație a pompei 	Prin forma simetrică a suprafeței de ghidare a paletelor, rotorul este descărcat de forțe radiale. Statorul are formă poligonală. Nu se poate regla volumul de absorbție (refulare).	$V = k \cdot b\left[\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} - az(D-d)\right]$ unde: b — lățimea paletei; z — nr. de palete; k — nr. curse duble al paletei pe o rotație pompă; $V = 3 \div 500$ cm³; $p = \rightarrow 175$ daN/cm². (Aici $k = 2$).
Pompe cu palete de închidere 	Volumul de absorbție (refulare) se formează între rotorul cu două came și carcasă, separarea lor realizîndu-se cu două palete de închidere. Volumul nu se poate regla.	$V \cong \frac{b}{2}(D^2 - d^2)(\pi - \alpha)$; $V = 4 \div 400$ cm³; $p = \rightarrow 210$ daN/cm².
Pompă cu rotoare de etanșare 	Rotorul cu palete rigide (dinți) formează cu peretele statorului volumul de absorbție (refulare). Rolele de etanșare, dispuse în perechi separă zona de absorbție de cea de refulare.	$V = \frac{\pi b}{2}(D^2 - d^2 - z \cdot A_z)$, unde:; z — nr. de dinți (în figură $z = 6$); A_z = suprafața frontală a dintelui; $V = 8 \div 1\,000$ cm³; $p = \rightarrow 160$ daN/cm².

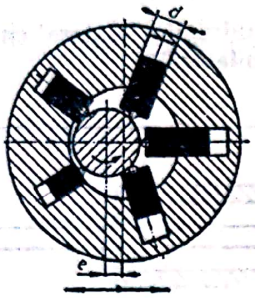
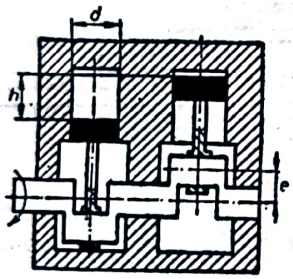
Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.4 (continuare)

Reprezentarea schematică	Principiu de funcţionare	Relaţii de calcul: V = volumul refulat pe o rotaţie. Valori limită pentru volum şi presiune.
Principiul de formare a volumului de absorbţie: cilindru-piston		
	Pistoanele umplu şi golesc volumul de absorbţie (refulare) prin mişcarea lor alternativă.	$V = \frac{d^2\pi}{4} \cdot h \cdot z$, unde: h — cursa; z — nr. pistoane; d — diametru piston.
a) Pompe cu pistonaşe axiale: $V = 1{,}5 \div 3\,600$ cm³; $p \rightarrow 400$ daN/cm².		
Pompă cu disc fluturător. 	Disc dispus (la înclinarea variabilă) pe un ax rotitor provoacă deplasarea platonaşelor, aflate în carcasă fixă. Reglarea volumului: prin reglarea lui α	$h = n \cdot \operatorname{tg} \alpha$.
Pompe cu disc înalt 	Se roteşte rotorul port pistonaşe care se sprijină pe discul înclinat. Reglarea volumului se face prin înclinarea discului.	$h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha$.
Pompă cu tambur rotitor 	Disc rotitor antrenînd, prin tijele pistoanelor, tamburul în care ele se deplasează. Reglarea volumului şi a sensului de aspiraţie-refulare se face prin înclinarea carcasei rotitoare a tamburului	$h = D \cdot \sin \alpha$.
b) Pompe cu pistonaşe radiale: $V = 0{,}4 \div 15\,000$ cm³; $p = 160 \div 630$ daN/cm²		
Pompă cu pistonaşe radiale sprijinite exterior. 	Rotor cu pistonaşe acţionînd radial datorită poziţiei relativ excentrice faţă de stator. Reglarea volumului de absorbţie refulare şi inversarea sensului se face prin reglarea excentricităţii.	$h = 2e$; e — excentricitatea.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3.4 (continuare)

Reprezentarea schematică	Principiu de funcţionare	Relaţii de calcul: V = volumul refulat pe o rotaţie. Valori limită pentru volum şi presiune.
Pompe cu pistonaşe sprijinite interior 	Arborele excentric rotitor provoacă oscilarea pistonaşelor. Reglarea volumului prin reglarea excentricităţii.	$h = 2e$ e — excentricitatea
Pompă cu pistoane aliniate 	Rotirea arborelui cotit provoacă oscilarea pistonaşelor. Volumul nu se poate regla.	Idem

Unele observaţii în legătură cu motoarele hidraulice:

1 — motoarele cu roţi dinţate pot funcţiona ca atare numai în urma unor îmbunătăţiri constructive, deoarece roţile sînt presate pe feţele lor frontale. Dacă acestea sînt sprijinite prin lagăre hidrostatice, este posibilă funcţionarea ca şi motor. Se utilizează mai nou motoare cu trei roţi (Moog);

2 — la motoare cu palete, acestea trebuie presate pe suprafaţa statorului (prin arcuri), deoarece la turaţie scăzută, forţa centrifugă este prea mică pentru etanşare;

3 — cel mai des se folosesc motoarele cu pistonaşe. Aici şi pierderile prin etanşare sînt minime;

4 — datorită caracterului alternativ de umplere a volumelor, mişcarea de rotaţie nu este uniformă. Din acest punct de vedere motoarele cu palete sînt mai favorabile.

Motoarele rectilinii servesc la transformarea energiei hidraulice în mişcare rectilinie cu ajutorul ansamblului cilindru-piston.

Motorul unilateral acţionează numai într-un sens (fig. 3.74), retragerea realizîndu-se prin greutate proprie, arc sau alt procedeu.

Motorul bilateral cu tijă unilaterală (fig. 3.75) permite realizarea de viteze diferite, în ambele sensuri de mişcare, la acelaşi debit condus în el. Raportul de viteză la mersul înainte şi înapoi se determină prin raportul suprafeţelor pistonului A_2/A_1. Respectînd condiţia ca $A_2/A_1 = 0{,}5$, se poate obţine pentru acelaşi debit de intrare (şi cu un distribuitor special), viteze egale în ambele sensuri. În figura 3.76 este reprezentat simbolic

Scanned with OKEN Scanner

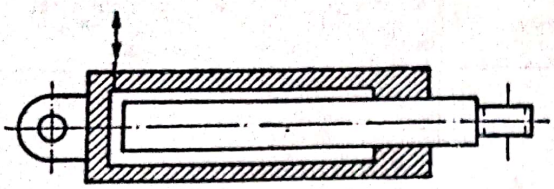


Fig. 3.74. Motor hidraulic unilateral.

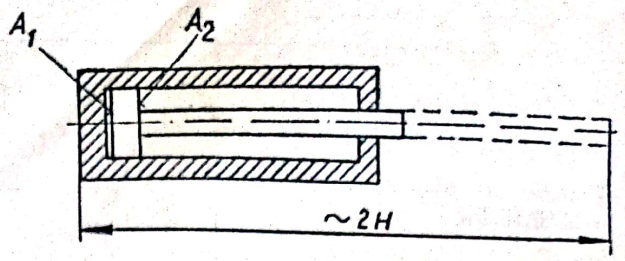


Fig. 3.75. Motor hidraulic bilateral cu tijă unilaterală.

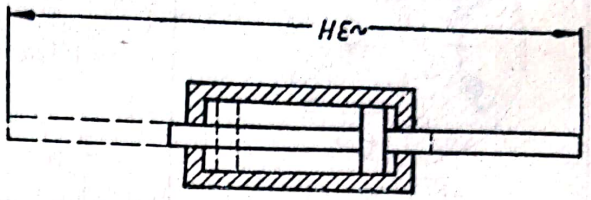


Fig. 3.77. Motor hidraulic bilateral cu tijă bilaterală.

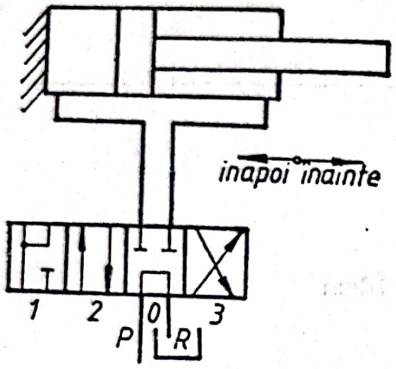


Fig. 3.76. Acționarea cu un distribuitor 4/4 a unui motor bilateral cu tijă unilaterală.

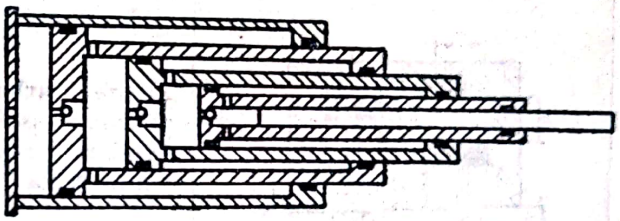


Fig. 3.78. Motor hidraulic telescopic.

acest distribuitor. În poziția *1* a acestuia, uleiul ieșit din camera din dreapta motorului reintră în camera din stînga.

Motorul bilateral cu tijă bilaterală (fig. 3.77) funcționează (ca viteze și forțe dezvoltate) în mod egal în ambele sensuri.

Motorul telescopic (fig. 3.78) are avantajul că la o construcție de lungime mică poate asigura curse lungi. El poate fi construit atît pentru funcționare unilaterală cît și pentru funcționare bilaterală.

Motoarele oscilante asigură rotații alternative, cu unghiuri mai mici decît 360°. În figura 3.79 sînt reprezentate trei tipuri de diferite asemenea motoare.

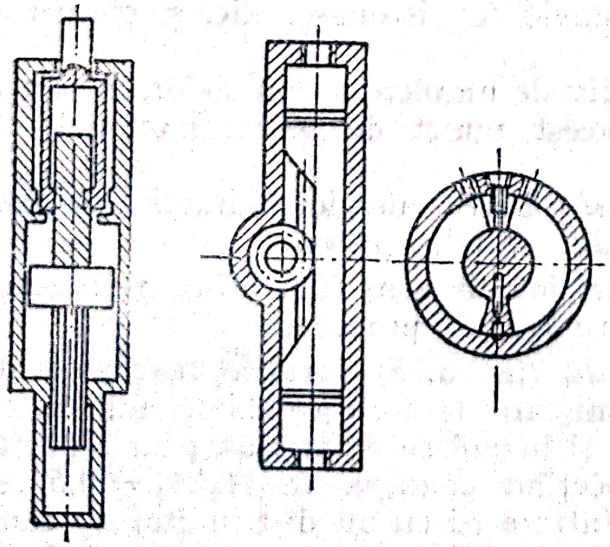


Fig. 3.79. Motoare hidraulice oscilante.

Amortizarea mișcării la capăt de cursă, pentru motoarele rectilinii, asigură atenuarea șocului la sfîrșitul mișcării. Ea se realizează cu ajutorul unui cap special D al pistonului (fig. 3.80), prevăzut cu crestături progresiv mai adînci. La capăt de cursă, uleiul aflat în camera z_1 este silit să treacă prin aceste crestături ce obturează progresiv trecerea, făcînd să crească presiunea în cameră, ceea ce provoacă o descreștere a vitezei.

Scanned with OKEN Scanner

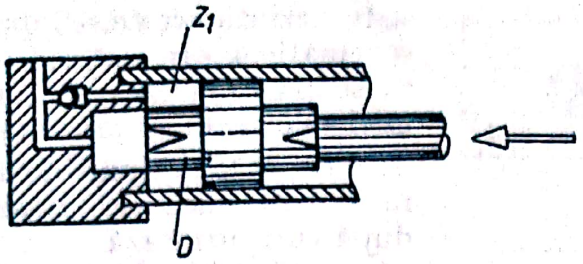


Fig. 3.80. Amortizarea mişcărilor la capăt de cursă.

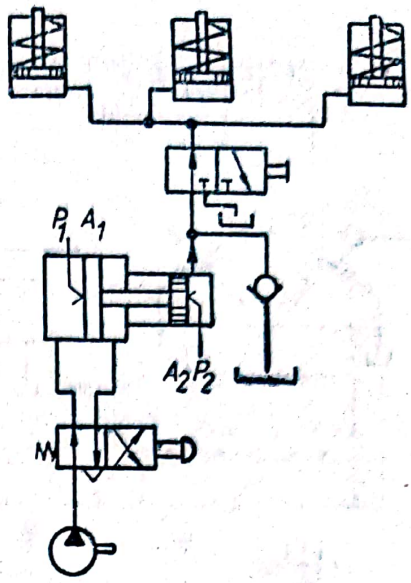


Fig. 3.81. Circuit cu transformatori de presiune.

Transformatorii de presiune (fig. 3.81) permit ridicarea unei presiuni existente în sistem, pe baza echivalentului de forţe:

$$p_1 A_1 = p_2 A_2, \text{ respectiv: } p_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot p_1. \tag{3.98}$$

Mediul primar de presiune nu trebuie să fie neapărat ulei, ci poate fi şi aer sau aburi. Sistemul se foloseşte pentru blocări şi strîngeri, acolo unde sînt necesare presiuni mari şi curse scurte.

3.4.4. Aparataje de distribuţie şi de reglare utilizate în circuitele hidrostatice ale maşinilor-unelte

În hidraulica specifică maşinilor-unelte, transportul energiei se realizează cu ajutorul lichidului aflat sub presiune. Puterea hidraulică:

$$P = p \cdot Q, \tag{3.99}$$

poate fi schimbată prin modificarea ambilor factori, prin utilizarea unor aparate hidraulice. Totodată acestea se constituie în rezistenţe hidraulice prin care o parte din energia hidraulică realizată de pompă se pierde, transformîndu-se în căldură. Pe de altă parte, se poate considera fiecare aparat hidraulic ca fiind compus dintr-o serie de „rezistenţe hidraulice", legate în serie şi/sau în paralel. Astfel, comanda cu rezistenţe a mişcării motoarelor hidraulice se bazează pe principiul circuitelor divizoare de presiune (analog cu circuitele electrice divizoare de tensiune): două rezistenţe hidraulice legate în serie, între care, în funcţie de reglajul valorii rezistenţelor şi de sarcină, la ieşire se obţine un debit Q şi o presiune p. Acest circuit se va numi în „semipunte". Backe [2], a clasificat semipunţile în cinci categorii (A, B, C, D şi E), ca în figura 3.82. În partea stîngă a figurilor

Scanned with OKEN Scanner

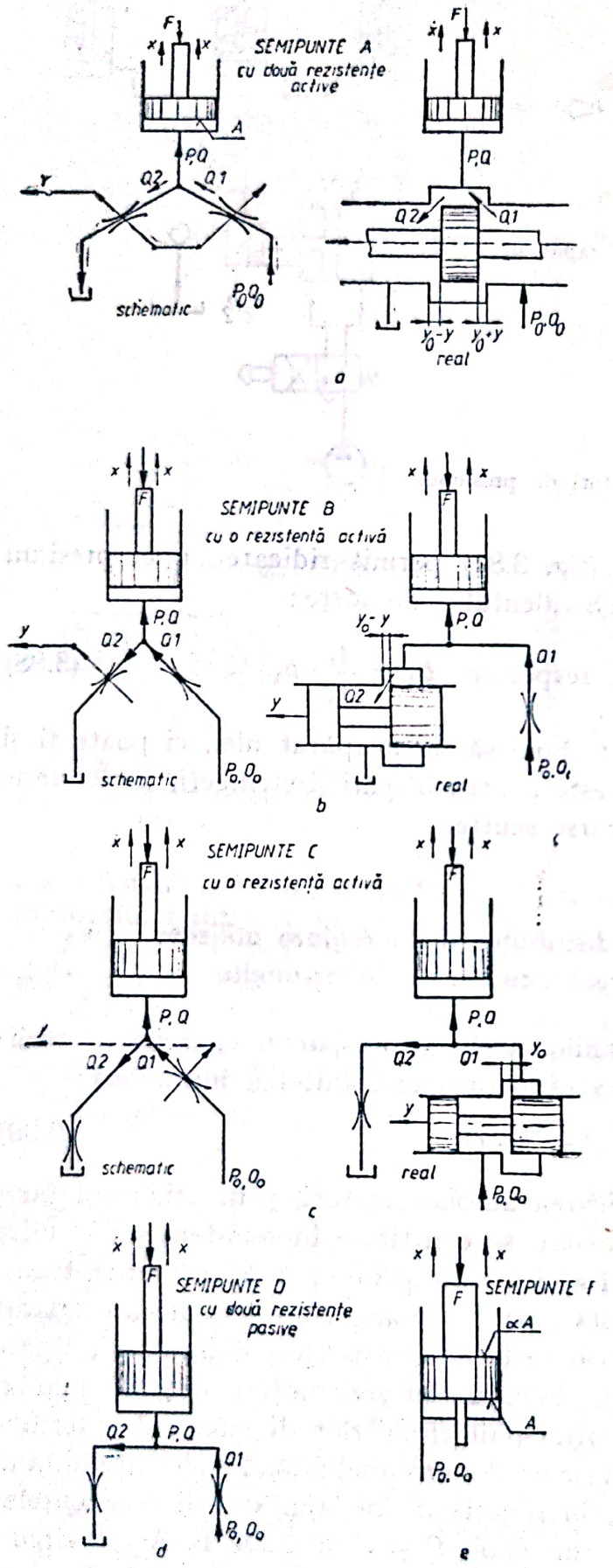


Fig. 3.82. Tipurile reprezentative de semipunți hidraulice.

se reprezintă aceste semipunți schematic, iar în partea dreaptă se poate vedea o schemă a unei soluții constructive reale.

Principalele tipuri de aparate hidraulice se clasifică după cum urmează.

Supape de reținere (fig. 3.83). Ele îndeplinesc funcția de a admite trecerea lichidului numai într-o anumită direcție, în direcție opusă blocîndu-se. Ca elemente de etanșare se folosesc supape cu scaun sau bile. Supapa prezentată în figura 3.83, *a* este de tipul cu element de etanșare-supapă cu porțiune de închidere tronconică, în construcție de tip panou.

În figura 3.83, *b* se reprezintă o supapă de reținere deblocabilă (pentru sensul de curgere de la B spre A). Aici prin acțiunea presiunii de comandă la orificiul „x", asupra pistonașului reprezentat, se realizează deschiderea supapei pentru sensul de curgere menționat.

În figura 3.83, *c* se reprezintă o construcție cu supape delocabile gemene, care se folosește acolo unde apar sarcini de încărcare alternativ, în ambele sensuri de curgere. Astfel va exista trecere liberă de la A' spre A, respectiv de la B' spre B. Trecerile de la A spre A' și B spre B' sînt închise. Dacă însă lichidul circulă de la A' spre A, pistonașul central va fi deplasat spre dreapta, deschizînd supapa de reținere din partea dreaptă, permițîndu-se trecerea liberă a lichidului de la B spre B'. În figurile sus menționate se mai reprezintă și simbolurile aferente, iar în

figura 3.83, *c* se poate vedea şi o reprezentare schematică. Supapele de reţinere se construiesc pentru presiuni de deschidere cuprinse între 0,5 ... 5 bar.

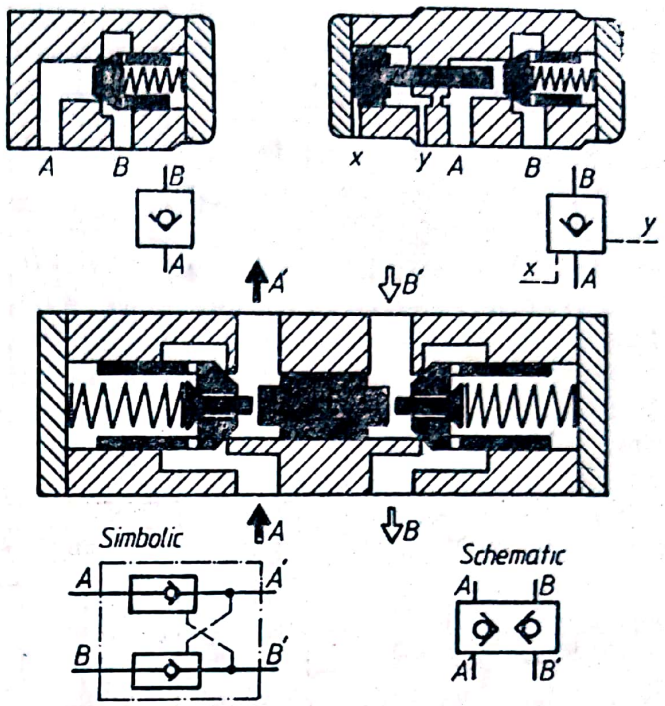


Fig. 3.83. Tipurile reprezentative de supape de reţinere.

Supape de presiune (fig. 3.84). Ele au rolul de a:

— influenţa presiunea prin modificarea unei rezistenţe hidraulice (supape regulatoare de presiune);

— asigura o cuplare (comutare), la atingerea unei anumite presiuni, ca şi un distribuitor (supape comutatoare de presiune). În schemele hidraulice, aparatele hidraulice se reprezintă ca şi în cele electrice, adică în poziţie neacţionată, conform STAS 7145/76. Trebuie menţionat aici că toate supapele de presiune sînt normal închise, excepţie făcînd supapele regulatoare de presiune.

a — Supape limitatoare de presiune, direct acţionate. Acestea sînt normal închise, datorită arcului care acţionează pe supapa *2*. Aceasta are o porţiune de amortizare cilindrică, prevăzută cu o teşitură longitudinală. Supapa trece în poziţia acţionată (deschisă), atunci cînd presiunea din sistem (presiunea „este") depăşeşte valoarea presiunii „trebuie", prereglată prin arc şi a cărei valoare este egală cu forţa arcului împărţită la aria scaunului supapei. În poziţia acţionată a supapei lichidul poate să circule de la *P* spre rezervorul hidraulic, asigurîndu-se astfel limitarea presiunii în circuitul hidraulic deservit.

În cazul sistemelor parcurse de debite mari, secţiunile de trecere cresc corespunzător şi implicit întregul gabarit al aparatului. În acest caz, formarea valorii „trebuie" a presiunii cu ajutorul arcurilor devine imposibilă, gabaritul acestora fiind excesiv de mare: cu creşterea dimensiunii nominale, dimensiunile arcului cresc exponenţial. Se pune deci problema de a forma valoarea „trebuie" a presiunii pe baza unui alt principiu. Este cunoscut faptul că acolo unde se cer realizate forţe mari în spaţii restrînse, se foloseşte hidraulica. Deci în loc de arc se va folosi forţa creată de o presiune hidraulică, pentru realizarea căreia se foloseşte o supapă limitatoare de presiune direct acţionată, ca şi cea descrisă la punctul *a* şi care face şi compararea presiunii „trebuie" şi „este". Cum pentru deplasarea supapei în vederea deschiderii şi închiderii ei nu sînt necesare debite mari, numite de altfel debite de comandă, această supapă direct acţionată, poate avea dimensiuni nominale mici (*DN*-uri mici), în consecinţă arcuri pentru reglarea valorii „trebuie" a presiunii deasemenea mici. O astfel de supapă, poartă denumirea de supapă pilotată.

b — Supapă limitatoare de presiune pilotată. După cum se vede din schemă, aceasta este compusă din supapa principală, la care accesul lichi-

Scanned with OKEN Scanner

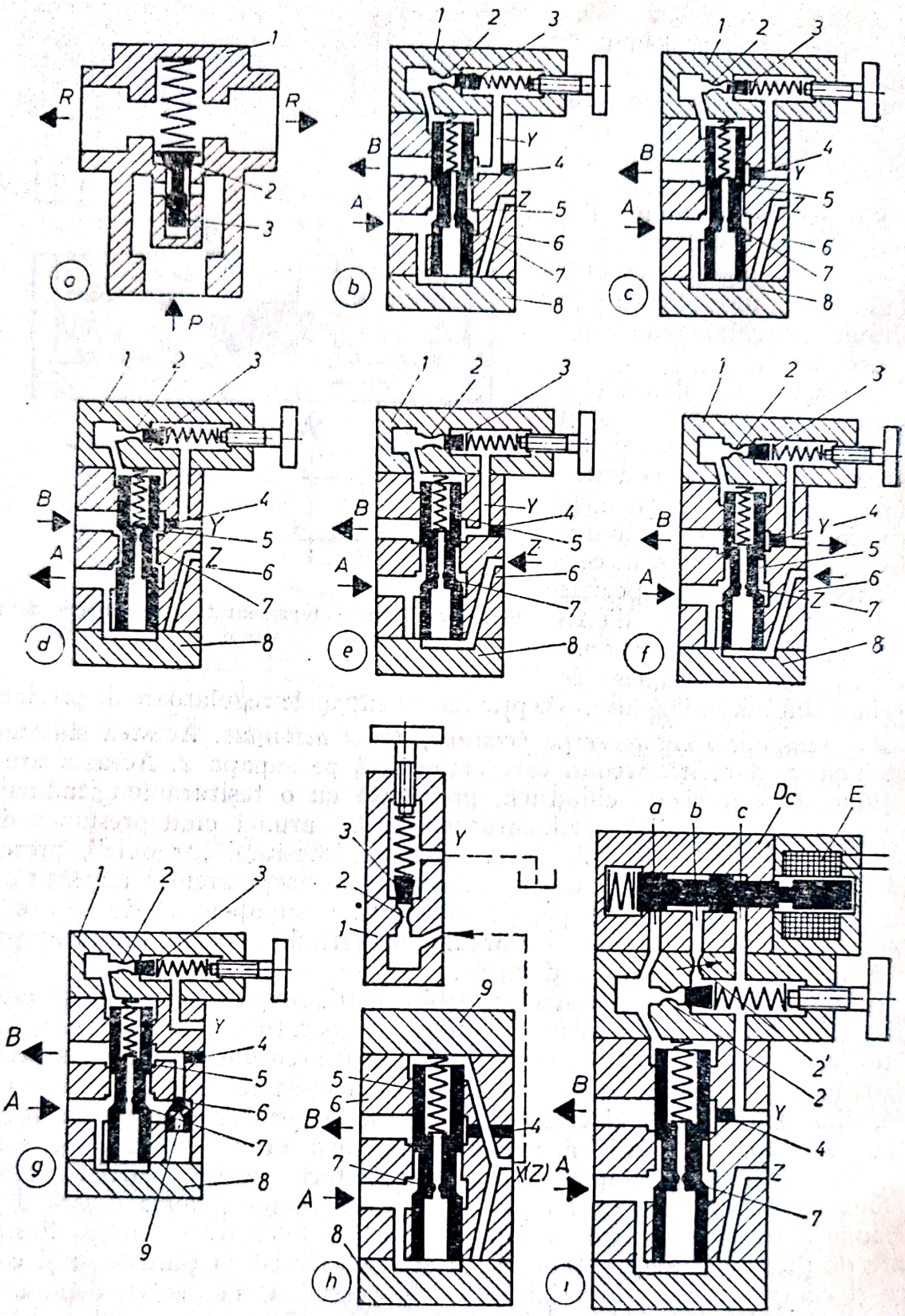


Fig. 3.84. Tipurile reprezentative de supape de presiune.

dului se face prin legătura *A*, iar refularea prin *B*, precum și supapa pilot *3* montată în corpul acesteia *1*. Scurgerea uleiului de comandă din supapa pilot se face prin orificiul *y*, la legătura *B*, aflată în comunicație cu rezervorul hidraulic. Supapa principală *5* are cele două suprafețe active (inferioară și superioară) egale, iar menținerea supapei în poziția ei normală

Scanned with OKEN Scanner

se face de către un arc nereglabil, sprijinit în partea lui inferioară pe supapa principală *5*, iar în partea superioară pe capacul *1*, care are şi rolul de corp al supapei pilot.

Funcţionare supapei este următoarea:
1 — presiunea „este", nu depăşeşte valoarea presiunii „trebuie". În această situaţie, rezistenţa creată de comparatorul *3* este infinită (secţiune închisă), iar presiunea „este" care domină în legătura *A*, are aceeaşi valoare pe tot traseul dintre aceasta şi supapa pilot (comparatorul) *3*, conform legii lui Pascal. Astfel datorită suprafeţelor egale ale supapei principale *5*, forţele care acţionează pe aceasta (datorită presiunii hidraulice) se anulează, supapa fiind menţinută în stare închisă de către arcul acesteia. *2* — presiunea „este", depăşeşte valoarea presiunii „trebuie", creată de arcul reglabil care acţionează pe comparatorul *3*. În această situaţie, comparatorul *3* se deschide, iar ca urmare începe o curgere de lichid (de comandă), de la orificiul *A*, prin capacul *8*, duza *7* a supapei principale *5*, duza *2*, orificiul *y* spre legătura *A* (care comunică cu rezervorul hidraulic). Datorită acestei circulaţii de lichid de comandă, apare o cădere de presiune prin duza *7*, deci o scădere de presiune în camera arcului supapei principale *5*, care face ca aceasta să se deplaseze în sus, ceea ce duce la deversarea lichidului hidraulic existent în legătura *A*, prin legătura *B*, spre rezervorul hidraulic (sau a unei părţi din acesta). Tot din figură se observă că legătura *y* — *B* se realizează prin montarea dopului 4 (ca în figură), iar orificiul de comandă externă *z* este astupat de către capacul inferior *8*. Prin droselul *2* se realizează reglarea vitezei de ridicare a supapei principale, deci viteza de comutaţie.

c — *Supapă de presiune pilotată, cu ieşirea B sub sarcină.* Diferă de *b* prin aceea că orificiul *y* este evacuat spre rezervorul hidraulic prin exteriorul supapei. Supapa derivă din *b* prin montarea dopului *4* ca în figură. Nu se poate utiliza în acest caz evacuarea internă a uleiului de comandă (prin orificiul *B*), deoarece în această situaţie s-ar crea deasupra supapei principale o presiune care ar acţiona în sensul în care acţionează şi arcul acesteia, modificînd astfel valoarea presiunii „trebuie". Supapa funcţionează ca şi o supapă de presiune autocomandată.

d — *Supapă regulatoare de presiune pilotată.* Este normal deschisă. Ea derivă din *c* dacă se inversează plunjerul supapei principale şi legăturile *A* şi *B* între ele. Funcţionarea este următoarea: presiunea de reglat domină în zona de scurgere din supapă (*A*), acţionînd asupra părţii inferioare a supapei principale şi prin droselele *7*, respectiv *2* şi asupra supapei pilot. Dacă presiunea de ieşire atinge valoarea „trebuie", reglată la supapa pilot, aceasta se deschide, iar supapa principală se autoaşază într-o poziţie de echilibru. La o tendinţă de creştere pe mai departe a presiunii la ieşire, supapa principală tinde să se deplaseze în sus, strangulînd secţiunea de trecere a lichidului de la *B* spre *A*, rezultatul fiind o scădere a presiunii din *A* la valoarea iniţială. La o tendinţă de scădere a presiunii în *A*, supapa principală tinde să se deplaseze în jos, mărind secţiunea de trecere de la *B* spre *A*, deci căderea de presiune scade, rezultatul fiind reaşezarea supapei principale în poziţia iniţială. Deci indiferent de variaţia presiunii la orificiul *A*, aceasta revine automat la valoarea reglată prin arcul supapei pilot. Aceste supape păstrează reglajul constant şi în cazul în care consumatorul nu solicită debit de ulei.

e — *Supapă de decuplare.* Se obţine din *b* prin rotirea capacului *8*

Scanned with OKEN Scanner

cu 180°. Astfel se asigură accesul extern al uleiului de comandă prin orificiul „z", precum și eliminarea lui la rezervorul hidraulic, prin legătura *B*, care este în comunicație cu rezervorul. Supapa se deschide total dacă presiunea de la orificiul „z" atinge sau depășește valoarea „trebuie", reglată la supapa pilot, indiferent de nivelul presiunii de la orificiul *A*. Astfel, la o comandă hidraulică externă, se realizează „decuplarea" uleiului sub presiune de la orificiul *A* spre rezervor, prin orificiul *B*.

f — Supapă de cuplare. Se obține din *c* prin rotirea capacului *8* cu 180°. Eliminarea uleiului de comandă este făcută extern, deoarece legătura *B* este sub sarcină. Și aici, presiunea necesară deschiderii supapei nu se ia de la legătura *A*, ci de la o legătură de comandă „z". La atingerea presiunii reglate cu arcul supapei pilot, supapa principală se va deschide complet, indiferent de raporturile de presiune de la orificiile *A* sau *B*. Rolul acestei supape este acela de a cupla la sistem al doilea sistem, atunci cînd o presiune de comandă atinge o valoare reglată. Este cazul unei ghilotine acționate hidraulic la care coborîrea traversei portcuțit este condiționată de atingerea presiunii de strîngere a tablei.

g — Supapă de presiune (limitatoare, de cuplare, sau de decuplare), cu supapă de reținere. Ea permite uleiului, să circule și de la *B* spre *A*. Se construiește de obicei la comandă specială.

h — Supapă precomandată de la distanță. Se obține prin montarea unei plăci capac în locul supapei pilot, care la rîndul său se montează în altă parte a mașinii. Legătura dintre supapa principală și supapa pilot se face printr-o conductă care materializează orificiul „x". Soluția permite comanda mai multor supape principale cu ajutorul unei singure supape pilot, sau invers, utilizînd sisteme de comutație adecvate.

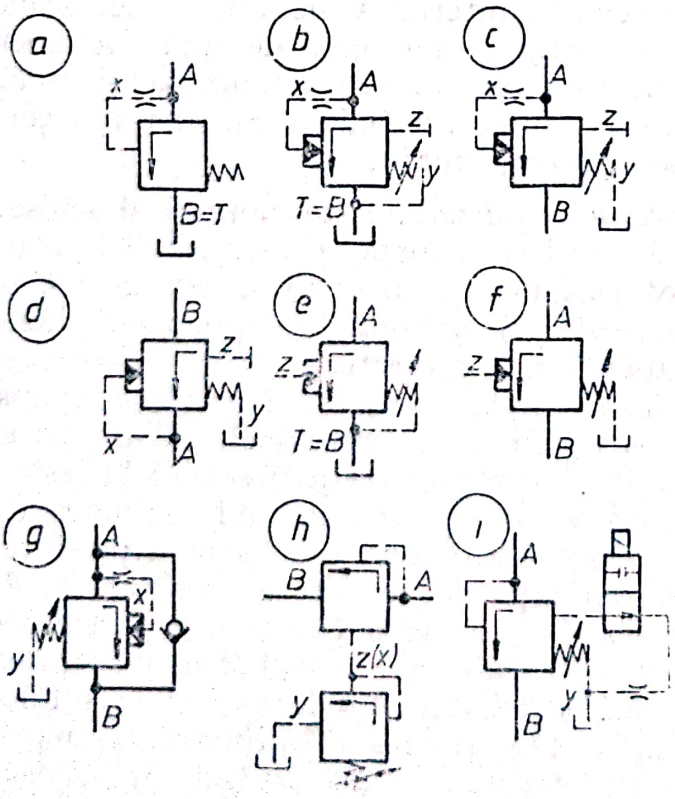


Fig. 3.85. Simbolurile convenționale ale supapelor de presiune.

i — Supapă de presiune cu decuplare electrică. Ea este simultan atît supapă limitatoare de presiune, cît și supapă de decuplare. Funcția de supapă de decuplare se realizează cu ajutorul unui mic distribuitor 2/2. Acesta poate scurtcircuita supapa pilot, descărcînd spațiul cu arc al supapei principale, permițînd trecerea uleiului fără presiune în rezervor. Pentru a evita impactul plunjerului, datorită eliberării lui brusce, uleiul eliberat din spațiul arcului plunjerului va fi droselizat, limitînd astfel viteza lui de deschidere. Acest tip de supapă se poate utiliza la decuplarea pompei hidraulice, pentru funcționarea fără presiune realizîndu-se astfel economii importante de energie. În figura 3.85 sînt redate simbolurile convenționale ale supapelor prezentate mai sus.

Scanned with OKEN Scanner

Aparate de reglare a debitului (drosele). Rolul lor este de a regla viteza de deplasare a motoarelor lineare sau a frecvenței de rotație a motoarelor rotative prin reglarea debitului de alimentare a acestora. Reglarea vitezei cu rezistențe presupune dezavantajul următoarelor pierderi:

1 — pierdere (cădere) de presiune prin rezistență;

2 — pierderea (deversarea) în rezervor a debitului care nu trece prin rezistență (prin supapa limitatoare de presiune), care împreună cu prima constituie pierderi de energie.

Sistemele hidraulice, avînd asemenea rezistențe precedate de o supapă limitatoare de presiune (numită frecvent și maximală), se numesc sisteme cu presiune constantă și sînt alimentate de obicei cu pompe cu volum unitar constant.

Sistemele hidraulice care sînt alimentate cu pompe cu volum unitar reglabil nu necesită drosele, deoarece pompele dau debitul solicitat de motor. În consecință, ele nu prezintă pierderile sus amintite, numindu-se circuite cu debit reglabil.

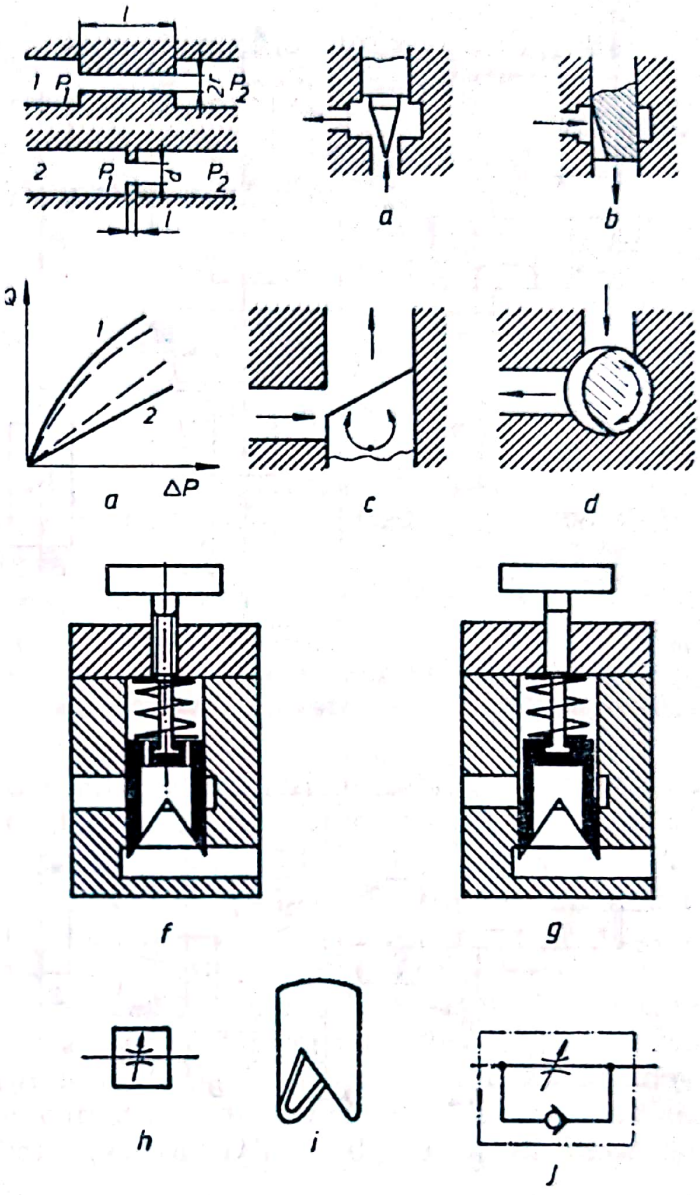


Fig. 3.86. Tipurile caracteristice de drosele.

Cele mai caracteristice tipuri de drosele sînt:

— droselul de tip capilar (fig. 3.86), la care debitul este dependent de presiune și viscozitate:

$$Q_{dr_c} = \pi r^4 (p_1 - p_2)/8\eta \cdot 1. \qquad (3.100)$$

— droselul de tip diafragmă, la care debitul este independent de viscozitatea uleiului.

$$Q_{dr_d} = \alpha_D \cdot A_D \sqrt{2 \cdot \Delta p/\rho} = K\sqrt{p_1 - p_2} = \frac{\pi d^2}{4} \alpha_D \sqrt{2 \cdot \Delta p/\rho}. \qquad (3.101)$$

Aceste drosele se mai numesc și inerțiale. La subsolul figurii *a* se arată o diagramă $Q - \Delta p$, pentru cazurile de drosel amintite. În relațiile de mai sus α_D ia în considerare concentrarea fluxului în spatele diafragmei. Pentru muchii ascuțite $\alpha_D = (0{,}6—0{,}64)$, iar în general $\alpha_D = 0{,}6 - 1$. Prin A_D a fost notată aria secțiunii de trecere a diafragmei.

Trebuie arătat că, datorită dependenței față de temperatură, droselul de tip capilar se utilizează tot mai rar.

Scanned with OKEN Scanner

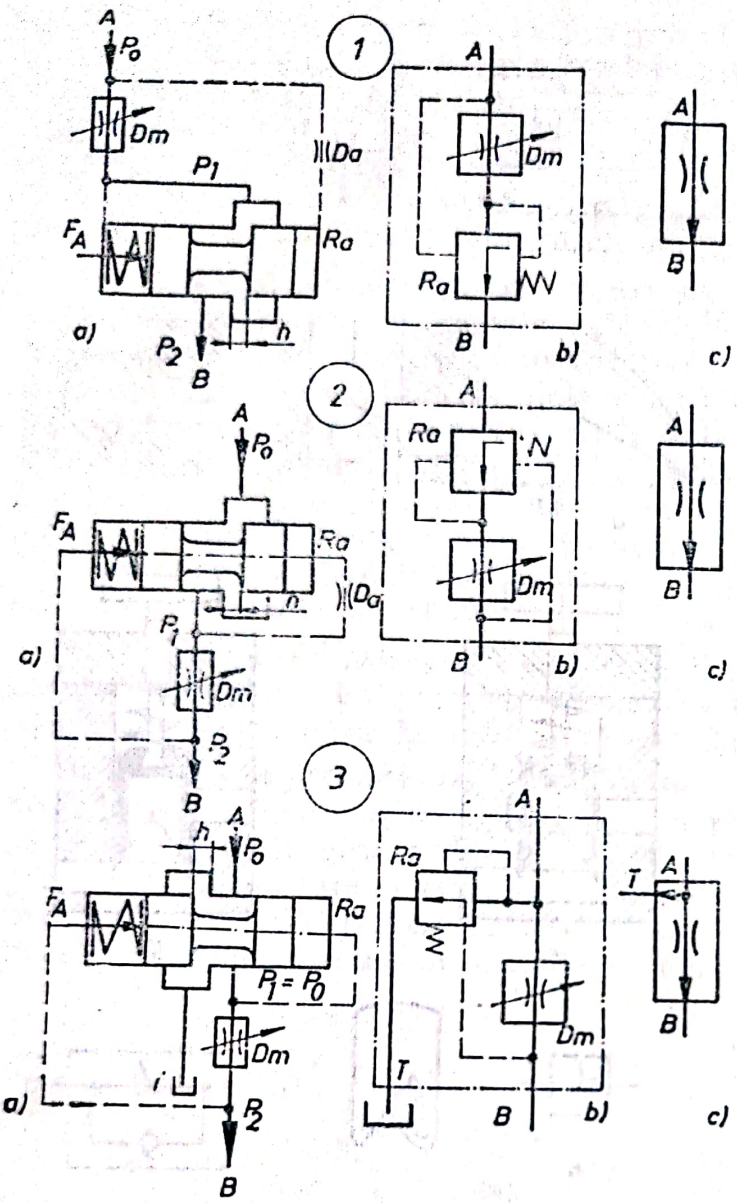


Fig. 3.87. Tipurile reprezentative de regulatoare de debit.

În figurile *b*, *c*, *d*, *e* se prezintă droselele cu duză ac, cu crestătură longitudinală, cu plunjer de tip pană și cu crestătură circulară, care, dintre droselele de tip diafragmă, sînt cel mai des utilizate.

În figurile *f* ... *j* se prezintă schemele principiale și simbolurile unor construcții de drosele, respectiv a unui drosel care pentru sensul invers de circulație are rolul de supapă de reținere.

În cazul în care este necesară menținerea constantă a debitului, la variația presiunii de alimentare, a sarcinii și în anumite cazuri și a temperaturii, se utilizează *regulatoarele de debit* (fig. 3.87). Acestea pot fi:

— regulatoare de debit cu două căi (fig. *1* și *2*), care sînt constituite din două rezistențe legate în serie, dintre care una se autoreglează;

— regulatoare de debit cu trei căi (fig. *3*), care sînt constituite din două rezistențe legate în paralel, dintre care una se autoreglează.

Rezistența fixă se mai numește și drosel de măsură. În figură se mai pot urmări și simbolurile detaliate și simplificate ale acestora.

Construcția 1. Rezistența autoreglabilă R_a, comandată de un plunjer în echilibru, montată după drosel.

$$p_0 A = p_1 A + F_A \text{ sau } \Delta p = p_0 - p_1 = F_A/A = \text{ct.} \qquad (3.102)$$

Căderea de presiune prin drosel fiind constantă, și debitul care va trece prin aparat va fi constant. Construcția prezintă avantajul unei mari sensibilități față de modificările de presiune provocate de aparatele situate înaintea ei. De aceea ea se dispune de obicei, în circuitul de întoarcere a uleiului.

Construcția 2. Rezistența autoreglabilă R_a, montată înaintea droselului de măsură D_m.

$$p_1 A = p_2 A + F_A \text{ sau } \Delta p = p_1 - p_2 = F_A/A = \text{ct.} \qquad (3.103)$$

Scanned with OKEN Scanner

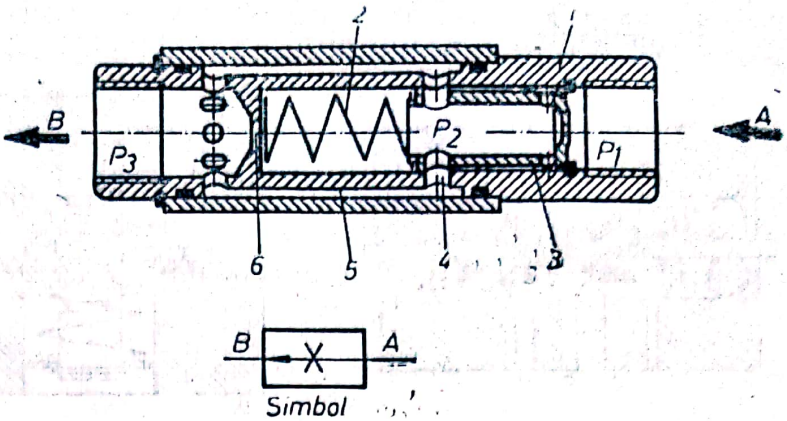


Fig. 3.88. Regulator de debit cu două căi în variantă de traseu.

Acest tip de regulator se foloseşte dispus înaintea altor aparate (motorului). Trebuie arătat că droselele fixe D_a au rol de amortizare, deci de stabilire a unei dinamici corespunzătoare.

Construcţia 3. Rezistenţa autoreglabilă este montată în paralel cu droselul de măsură. Din acest motiv, debitul va fi împărţit într-un debit reglabil şi un debit „rest" care se scurge în rezervor. Presiunea p_0 este independentă de sarcină, deoarece droselul este reglat pentru o deschidere constantă.

În figura 3.88 se prezintă o soluţie constructivă reală, în variantă de traseu a unui regulator de debit cu două căi, care materializează construcţia *1*

Deşi debitul reglat ar trebui să fie constant în tot domeniul presiunilor de lucru (fig. 3.89, *a*), practic regulatorul îşi îndeplineşte funcţia numai într-un anumit domeniu al valorilor Δp ($\Delta p_{min} \ldots \Delta p_{max}$), unde asigură menţinerea constantă a debitului la variaţia sarcinii (fig. 3.89, *b*), iar în zonele extreme *I* şi *III* se comportă ca şi un drosel. Şi în zona *II*, în care regulatorul îşi îndeplineşte funcţia, curba caracteristică prezintă o mică pantă într-un sens sau altul în funcţie de felul în care acţionează pe comparator forţa arcului şi forţele curentului de lichid. Pentru construcţiile cunoscute, $\Delta P_{min} = 3 \ldots 7$ bari pentru $DN - 10$; $5 \ldots 12$ bari, iar Δp_{max} ajunge pînă la 300 bari.

Distribuitoare. Ele pot asigura, după modul de construcţie, pornirea, oprirea, alegerea căii de curgere, diviziunea şi reunirea fluxului de lichid. Ele pot fi construite după principiul supapei sau a sertăraşului. Cele de tip

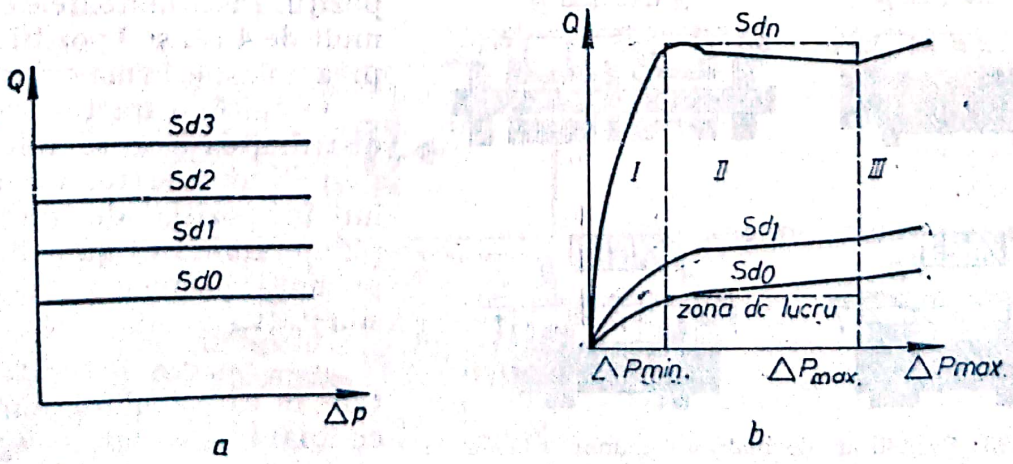


Fig. 3.89. Regulator de debit cu caracteristică constantă.

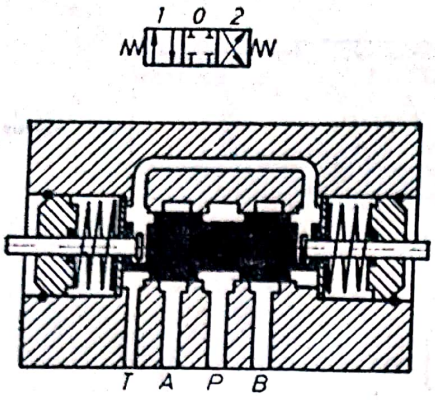


Fig. 3.90. Distribuitor 4/3 (fără partea de acţionare).

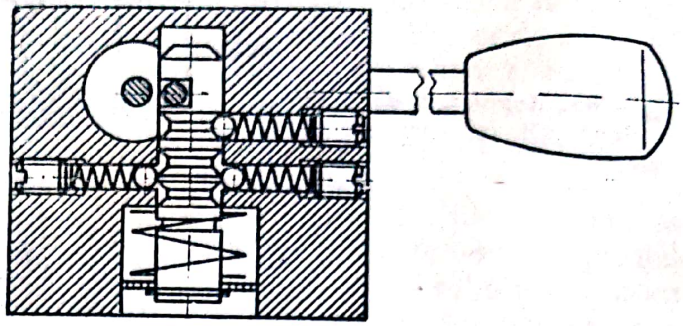


Fig. 3.91. Sistem de comutare manuală cu autoreţinere.

supapă pot fi cu bile, cu scaune conice sau supape propriu-zise. Distribuitoarele cu sertăraşe pot avea sertăraşe plane, rotitoare sau de tip piston (plunjere). Ultimele au cea mai mare răspîndire, cu ele putînd fi comandate debite şi persiuni mari, dar cu gabarite reduse. În figura 3.90 este prezentat un asemenea distribuitor, cu patru legături şi trei poziţii (4/3), în poziţia de cuplare „0". Comutarea dintr-o poziţie în alta, se poate realiza manual nereţinut sau reţinut (fig. 3.91), mecanic, hidraulic, pneumatic sau cel mai des cu ajutorul unui electromagnet (fig. 3.92). Notaţiile reprezintă: *P* — pompă; *T* — rezervor hidraulic; *A* şi *B* — legăturile de lucru. Dintr-un distribuitor cu 4 căi se obţine unul cu 3 căi prin închiderea unei legături. Prin modificarea poziţiei de mijloc, fixă, a plunjerului cu ajutorul unui alt arc, se obţine un distribuitor cu două poziţii. Distribuitoarele cu mai mult de 4 căi şi 3 poziţii nu se prea folosesc la maşini-unelte.

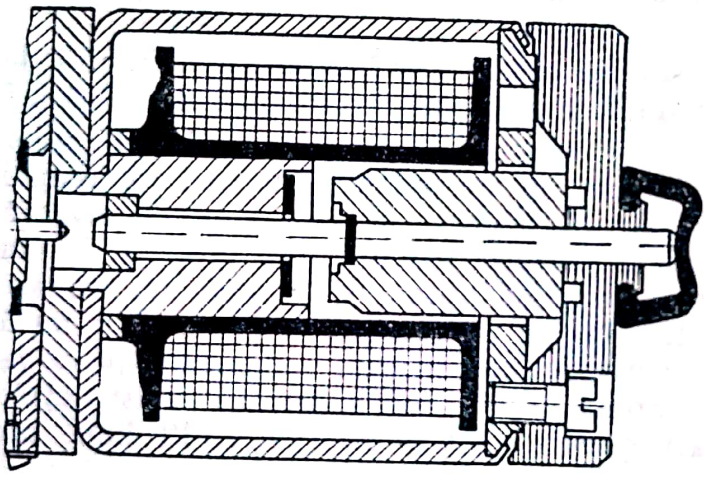


Fig. 3.92. Electromagnet de acţionare pentru distribuitoare.

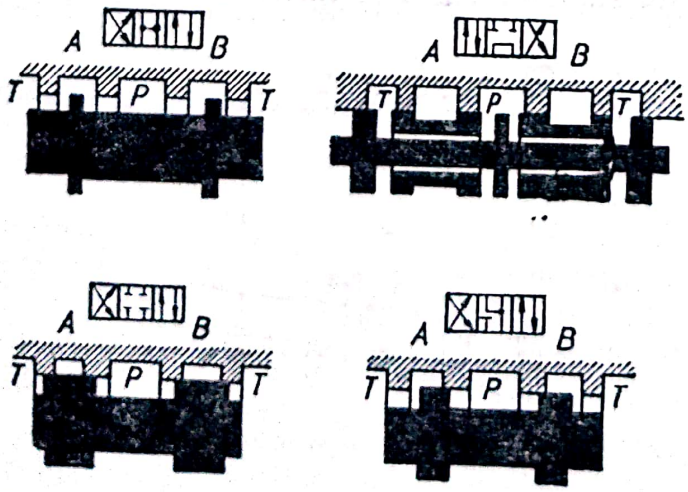


Fig. 3.93. Posibilităţi de realizare a unor scheme de legături în poziţia neacţionată a distribuitoarelor.

O altă caracteristică a distribuitoarelor se referă la posibilitatea de trecere a uleiului în poziţia de mijloc a plunjerului. În figura 3.93 se prezintă patru asemenea posibilităţi.

a — poziţia de scurtcircuitare, în care lichidul comunică cu toate cele patru legături ale distribuitorului;

Scanned with OKEN Scanner

b — poziția de reîntoarcere la rezervor, în care lichidul se reîntoarce în rezervor, fără a întîmpina aproape nici o rezistență. Aceasta se realizează prin găuri axiale practicate în plunjer;

c — poziția închisă, în care lichidul nu poate trece mai departe. Această variantă se folosește în circuitele cu acumulatori (de memorizare). Prin ea se împiedică funcționarea în gol a acumulatorului și este asigurată blocarea pistonului motorului hidraulic acționat în starea lui de nefuncționare;

d — poziția liberă, care asigură reglarea motorului hidraulic acționat (bineînțeles prin poziția de zero a plunjerului).

Pozițiile extreme ale distribuitorului se obțin prin acționarea lui. Un distribuitor cu două poziții derivă din unul cu trei poziții, prin eliminarea unui arc care asigură poziția de mijloc și prin montarea pe partea opusă arcului rămas a unui sistem oarecare de acționare.

Există situații în care puterea hidraulică vehiculată prin distribuitor este mare. În aceste situații, forța necesară deplasării plunjerului crește considerabil. În eventualitatea acționării electromagnetice, dimensiunile electromagneților ar fi excesiv de mari în raport cu cele ale distribuitorului. În aceste situații, acționarea plunjerului se face exclusiv pe cale hidraulică prin acționarea sa directă. Plunjerul se va comporta din acest punct de vedere ca și pistonul unui motor hidraulic bilateral (cu suprafețe egale), care pentru acționare necesită un alt distribuitor numit pilot, de dimensiune nominală mult mai mică (*DN*—6, 8, sau 10), deoarece debitul de comandă necesar este corespunzător mai mic.

În figura 3.94 se reprezintă un astfel de distribuitor pilotat, unde *1* reprezintă distribuitorul pilotat, iar *2* pe cel pilot, care la rîndul lui este acționat electromagnetic. Distribuitorul pilot poate fi dispus și în alt loc față de cel acționat, ieșirile lui fiind conectate la legăturile de comandă *x* și *y* a distribuitorului principal, direct, sau prin intermediul unei plăci prevăzute cu sisteme drosel-supape de reținere, care pot influența dina-

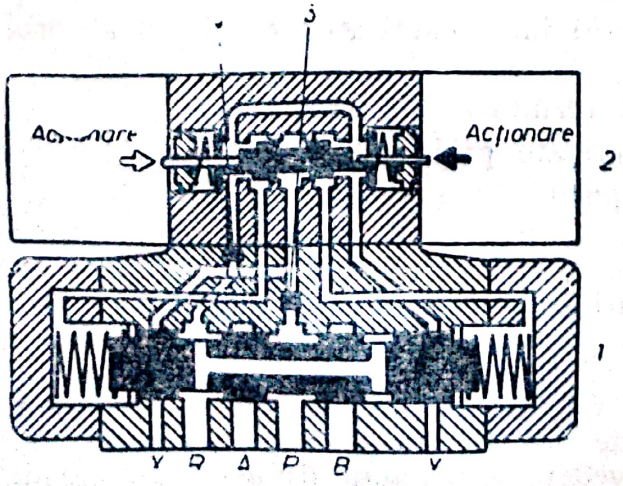


Fig. 3.94. Distribuitor pilotat.

Scanned with OKEN Scanner

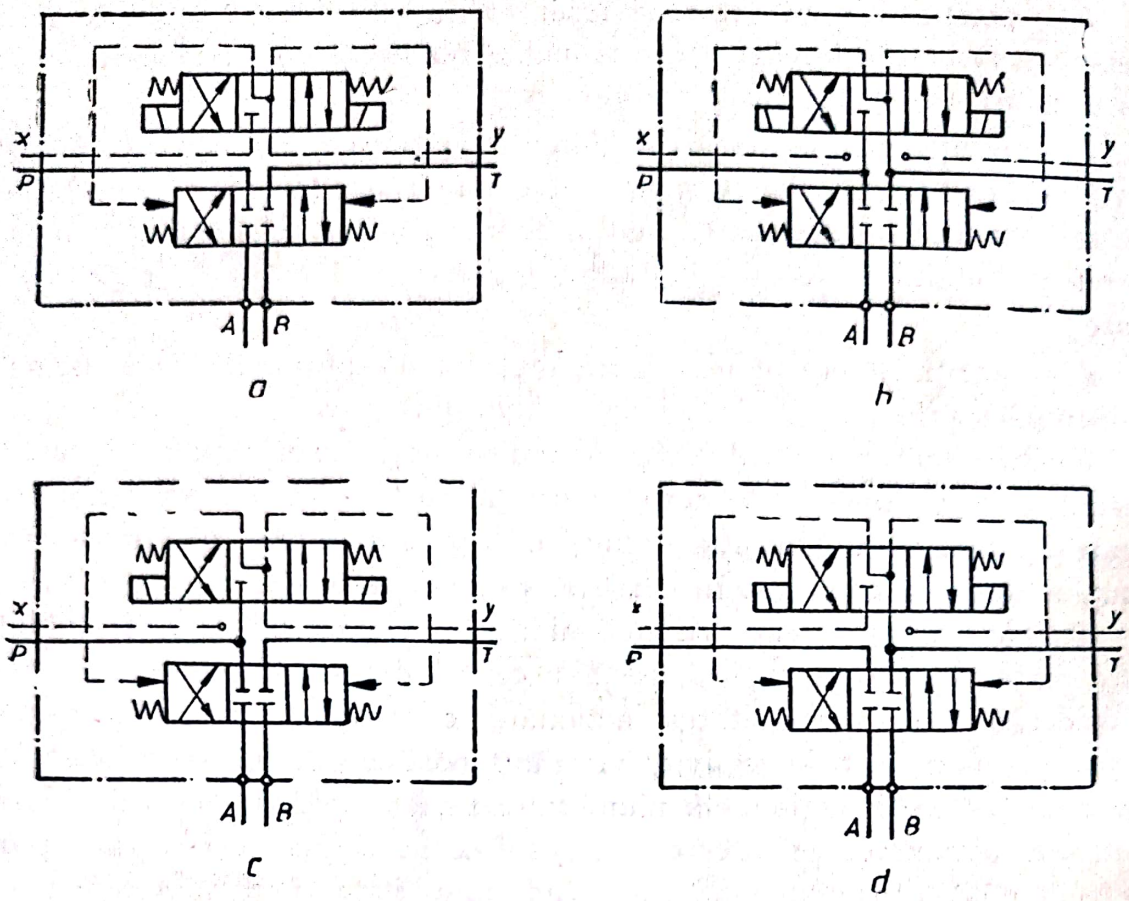


Fig. 3.95. Scheme principiale de realizare a alimentării şi evacuării uleiuluide comandă pentru distribuitorul pilot.

mica de deplasare a plunjerului principal. În figura 3.95 se reprezintă 4 posibilităţi de alimentare şi evacuare a uleiului de comandă pentru distribuitorul pilot.

3.4.5. Elementele auxiliare ale circuitelor hidrostatice, caracteristici funcţionale şi întreţinerea lor

3.4.5.1. Rezervoarele hidraulice. Au funcţia de a:

— egala diferenţa instantanee între cantitatea de lichid absorbită şi cea refulată;

— conduce energia termică rezultată din frecări;

— compensa pierderile exterioare prin scurgeri;

— separa aerul, apa şi impurităţile mecanice.

În figura 3.96 se prezintă o construcţie de rezervor hidraulic, în care se remarcă: bazinul propriu-zis *1*, capacul de curăţire *2*, fundul înclinat *3*, care asigură depunerea impurităţilor la nivelul orificiului de golire, prevăzut cu dop *4*, nivela de ulei *6*, precum şi orificiul de umplere *7*. Nu există pentru rezervoare, o regulă deosebită de construcţie ci ele trebuie să îndeplinească necesităţile specifice fiecărui circuit. În general, volumul său trebuie să fie: $V = c \cdot Q$, unde $c = 3 \ldots 5$. Dacă rezervorul trebuie să fie mic, sau din punctul de vedere al temperaturii acest volum nu este

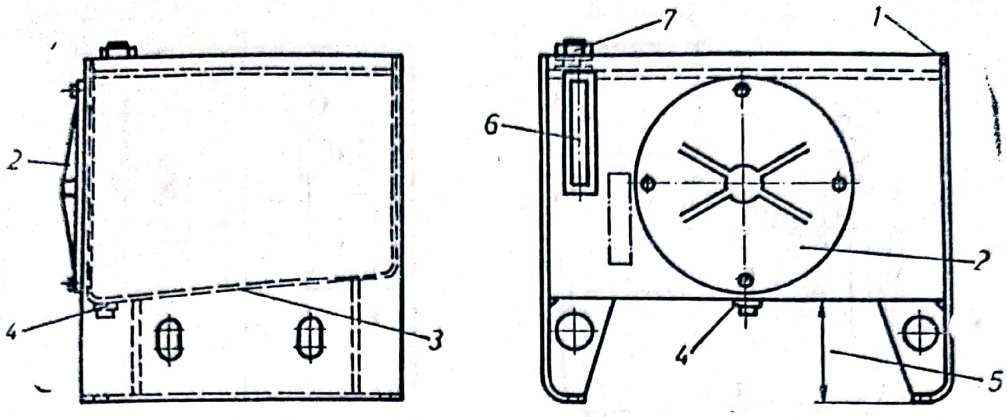


Fig. 3.96. Rezervor hidraulic.

suficient, se prevede folosirea unui răcitor (fig. 3.97), în care mediul de răcire este apa. Înălțimea lichidului nu trebuie să depășească 80 ... 90% din înălțimea rezervorului, spațiul de sus fiind necesar separării aerului și formării spumei. Conducta de aspirație trebuie să aibă o gură teșită la cel puțin 45°, să fie cît mai scurtă și mai dreaptă, să aibă un diametru mare, care să poată asigura o viteză de curgere a lichidului în jurul a 1 m/s și să fie situată la cel puțin 30 mm de podeaua rezervorului.

Conducta de reîntoarcere (retur) trebuie să fie teșită la capăt la 45° pentru a putea împiedica ieșirea lichidului cu viteză, să aibă gura sub oglinda acestuia pentru a evita posibilitatea antrenării aerului. Cele două conducte trebuie să se afle la o depărtare maxim posibilă pentru a nu se aspira din nou lichid cald și pentru a da timp separării aerului și a impurităților. Rezervoarele au în interior pereți de separare, de dirijare, precum și site. Acestea au o înclinare de circa 30% și dimensiunea ochiurilor de 100 ... 150 μm. Pereții de dirijare conduc lichidul cald spre pereții de răcire. Rezervorul are de asemenea și un filtru de aer pentru aerisire, avînd și rolul de-a reține praful din mediul înconjurător, dar tot pe aici poate pătrunde și umiditate, ceea ce permite apariția apei de condens. Apa este primejdioasă dacă este absorbită de pompă; de aceea acest filtru trebuie să asigure și reținerea umezelii. Umplerea rezervorului se face cu o pîlnie cu sită de 100 ... 200 μm.

Temperatura în rezervor nu trebuie să depășească 50 °C. Lichidul, se încălzește mai ales în circuitele cu drosel și distribuitoare pilot sau supape. Dacă se utilizează răcitoare cu aer, acesta trebuie să fie cu 20 ... 30 °C mai rece decît uleiul, iar dacă răcitoarele sînt cu apă, aceasta trebuie să fie cu 30 ... 35 °C mai rece. Menținerea constantă a temperaturii uleiului se poate face cu un regulator de temperatură sau chiar cu un încălzitor.

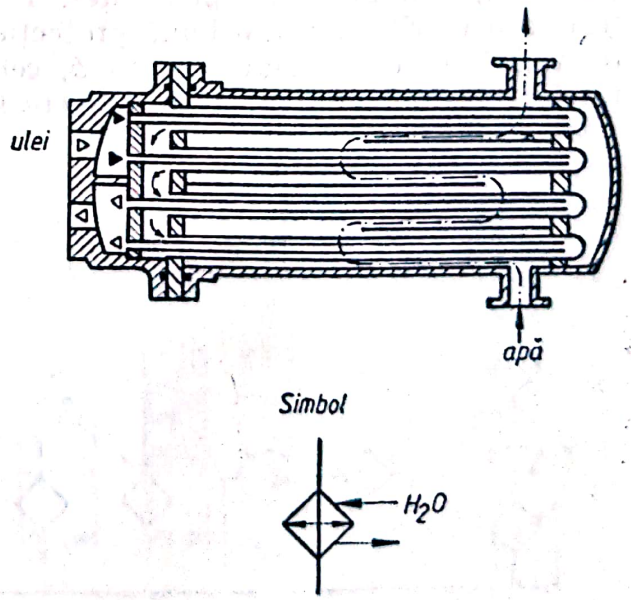


Fig. 3.97. Răcitor.

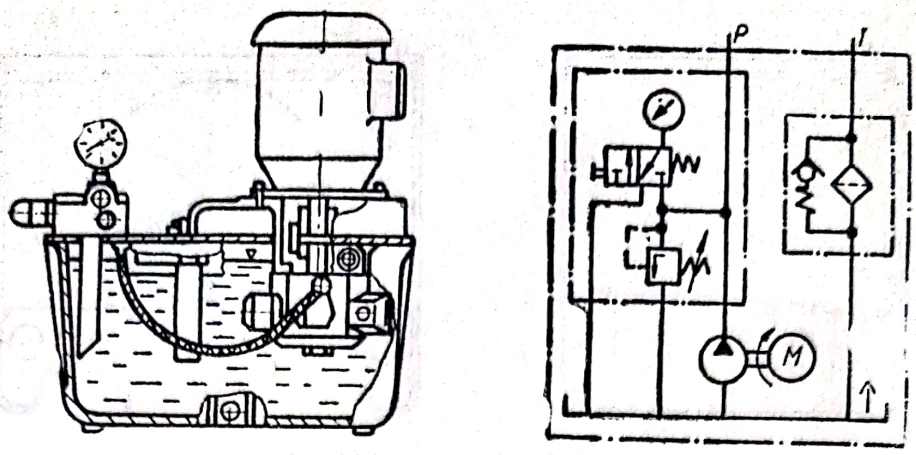


Fig. 3.98. Panou hidraulic.

Adesea capacul de închidere, sau un perete al rezervorului, se utilizează pentru dispunerea pe el a pompelor, distribuitoarelor, supapelor, filtrelor etc. În figura 3.98 se prezintă un astfel de rezervor hidraulic (care uneori poartă denumirea de panou hidraulic).

3.4.5.2. **Filtre.** Murdărirea uleiului are mai multe cauze posibile:

— existența impurităților la execuția și montajul instalației (praf abraziv, picături de sudură, nisip etc. care provoacă de la început murdărirea ulei ului);

— impurități provenite din mediu (praf, apă de condens etc.);

— impurități provenite din uzura instalației (produse de uzura metalică, a elementelor de etanșare, vopsele și produse de îmbătrînire chimică a uleiului etc.). Toate aceste impurități conduc la deranjul instalației și la micșorarea duratei lui de funcționare.

Dispunerea filtrelor. Tipul lor constructiv, dispunerea și finețea lor, depinde de felul instalației. În figura 3.99 se prezintă diferite posibilități de dispunere a acestora. Astfel, filtrul de aspirație *1*, protejează instalația de murdăria din rezervor. La diferențe mari de presiune, cavitația filtrului poate pătrunde în pompă. De aceea, finețea acestuia trebuie să fie mare (100 μm), urmînd a fi spălat des. Filtrul de presiune joasă *3* folosit la instalații mari, asigură o bună protecție a pompei, a instalației și a motoarelor. Filtrul de presiune înaltă *5*, cel mai fin, se situează înaintea aparatelor sensibile. Filtrul de întoarcere *9* se folosește la instalații mici, servind la purificarea uleiului care intră în rezervor. Numărul de filtre utilizat depinde de sistemul care se protejează, de posibilitățile de apariție a impurităților etc. La punerea în funcțiune a unei mașini noi, primul schimb de ulei trebuie efectuat repede (după 500 ore de funcționare). De asemenea se mai utilizează filtre de umplere *10*, respectiv filtre de aer *11*.

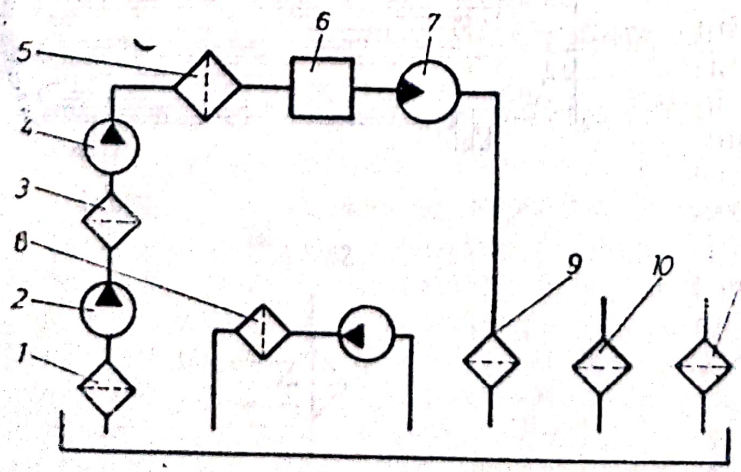


Fig. 3.99. Posibilități de dispunere a filtrelor hidraulice.

Tipuri de filtre. Putem enumera următoarele tipuri:

a — filtre cu sită metalică sau sintetică (fig. 3.100);

b — filtre cu muchii metalice, unde elementul filtrant poate fi o rețea de sîrmă tăioasă sau lamele;

c — filtre cu element filtrant sinterizat;

d — filtre cu elementul filtrant din celuloză impregnată cu rășini sintetice, sprijinit pe piese de susținere. Curățirea lor nu este posibilă;

e — filtre de sticlă impregnate cu rășini sintetice; se folosește în cuplare cu filtru cu sîrmă, permițînd o finețe de filtrare de 1 μm;

f — filtre magnetice cu magnet permanent, pentru reținerea particulelor feritice. Folosirea lui are caracter suplimentar în locurile în care vitezele uleiului sînt mici.

Prin saturarea filtrelor cu impurități crește căderea de presiune prin ele, iar pentru a le proteja contra creșterii prea mari a presiunii se folosesc supape de deversare și indicatori de „grad de umplere", care reacționează la o anumită diferență de presiune.

3.4.5.3. **Acumulatori hidraulici** (fig. 3.101) Aceștia pot fi:

a — cu piston (*1*, *2* și *3*), la care forța care se aplică pistonului și care va înmagazina energia poate fi o greutate avînd masa *M*(*1*), un arc (*2*), sau un gaz sub presiune (*3*);

b — cu cameră elastică (*4*);

c — cu membrană (*5*).

Ultimele tipuri sînt umplute în general cu azot, la o presiune cu (10 ... 20%) sub cea mai scăzută presiune din sistem.

Ele se utilizează în situații diverse, dintre care se menționează:

— pentru atenuarea pulsațiilor pompei și a șocurilor de cuplare ale distribuitoarelor;

— în cazul folosirii motoarelor ca și elemente de strîngere (membrane). După realizarea strîngerii pompa debitează în acumulator.

3.4.5.4. **Conducte armături și etanșări.** În acționarea hidraulică se folosesc cu prioritate conducte de precizie din oțel, fără cusătură. Acestea se pot îndoi normal la rece pînă la un diametru de 25 mm. După îndoire sau sudare la cald se vor îndepărta arsurile în băi de decapare, iar apo se va acorda o mare importanță curățirii lor. Pentru alegerea dimensiunii

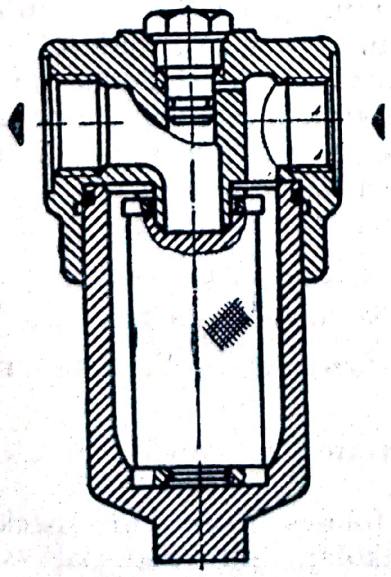
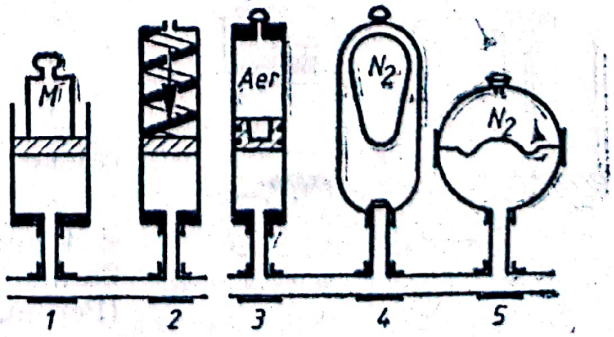


Fig. 3.100. Filtru cu sită metalică.

Fig. 3.101. Tipuri de acumulatori hidraulici.



Scanned with OKEN Scanner

conductelor se va folosi tabelul 3.5. Pentru legarea elementelor aflate în mişcare relativă, sau în cazul legăturilor care se schimbă, în cazul în care se urmăreşte reducerea variaţiilor de presiune de tip şoc sau a vibraţiilor mecanice, se folosesc conducte flexibile. Ele sînt confecţionate în general din materiale elastice pentru a căror rigidizare (cînd este nevoie) se folosesc conducte metalice flexibile sau sîrmă bobinată. Majoritatea lor au însă în acest scop inserţie de pînză. Ele se recomandă în funcţie de presiunea la care trebuie să reziste. În general, datorită elasticităţii, ele îndeplinesc şi rolul de acumulatori hidraulici.

Tabelul 3.5. **Alegerea dimensiunilor conductelor hidraulice**

Debit Q (l/min)	Conductă Ø mm							Filet	
	diam. ext.		grosime perete						
			presiune (daN/cm²)						
	de bază	admis	63	100	160	250	400	metric	în ţoli
0,63		6	1	1	1	1	1,5	M10×1	1/8
2,5		8	1	1	1	1,5	1,5	M14×1,5	1/4
6,3	10		1	1	1	1,5	2	,,	1/4
16		12	1	1	1,5	2	2,5	M18×1,5	3/8
40	16		1,5	1,5	1,5	2	3	M22×1,5	1/2
40		20	—	—	—	—	4	M27×2	3/4
63		20	1,5	1,5	2	2,5	—	,,	3/4
63	25		—	—	—	—	5	M33×2	1
100	25		2	2	3	3	—	,,	1
100		30	—	—	—	—	6	M42×2	1 1/4
160		30	2	2	3	4	—	,,	1 1/4
160	38		—	—	—	—	7	M48×2	1 1/2
250	38		3	3	4	5	—	,,	1 1/2
250		50	—	—	—	9	—	M60×2	2
400		50	3	3	6	6	—	,,	2

Cele mai folosite armături pentru legarea conductelor la aparatele hidraulice sînt cele de tip „Ermeto" (fig. 3.102), care se folosesc pînă la diametrul conductei de 42 mm. Pentru cele cuprinse între 30 şi 80 mm se folosesc legături cu flanşe, iar pentru diametre peste 80 mm numai legături sudate. Etanşările au în acţionarea hidraulică o importanţă deosebită, în vederea micşorării pierderilor prin interstiţii. Pe de altă parte, pierderile de sarcină datorită frecărilor trebuie să fie minime. Criteriile de apreciere ale unei etanşări sînt:

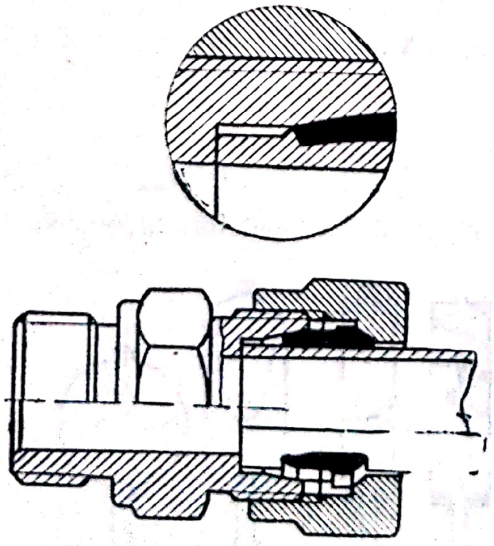


Fig. 3.102. Racord hidraulic tip „Ermeto".

1 — gradul eficienţei etanşării;

2 — mărimea forţelor de frecare;

3 — comportarea la solicitările mecanice;

4 — comportarea în raport cu uleiul şi temperatura.

Ca materiale se folosesc cauciucuri speciale (Perbunan, Vulkolan) sau materiale sin-

Scanned with OKEN Scanner

tetice. O etanşare fără garnituri este posibilă la jocuri foarte mici şi lungimi mari.

Garniturile pot fi de două feluri:

— garnituri pentru etanşări statice (pentru elemente între care nu există mişcare relativă), pentru care frecarea nu are importanţă;

— garnituri pentru etanşări de organe în mişcare relativă, la care frecarea are o mare importanţă.

Frecările cele mai mari le prezintă garnitura cu manşete şi apoi succesiv mai mici, inelele de etanşare pentru canale şi apoi inelele „0". În funcţie de materialul garniturii, frecarea cea mai mare o prezintă în ordine descrescătoare, Vulkolanul şi răşina sintetică (90 sh), Perbunanul (80 sh), apoi manşetele cu ţesături.

Aparate de supraveghere

Releul de presiune este un limitator electric acţionat prin deformarea unei membrane (arc, burduf), sau prin deplasarea unui plunjer încărcat prin arc, a cărui acţiune va da un semnal de comandă. Ele se folosesc ca şi organe de siguranţă sau de succesiune, precum şi pentru ciclul de încărcare a acumulatoarelor (cuplarea şi decuplarea pompei). În comenzile de succesiune va comanda un ventil electromagnetic. În figura 3.103 se poate vedea o variantă fabricată la noi în ţară.

Releul de supraveghere are funcţia de control a curgerii uleiului (la legăturile hidrostatice) sau de alarmare (la întreruperea lichidului de răcire la maşini-unelte), deci acolo unde întreruperea debitului ar avea consecinţe dăunătoare. Acest releu (fig. 3.104) face ca la întreruperea curentului de lichid, plunjerul *1*, care are în interior un magnet permanent *2*, să cadă şi să provoace prin inducţie, în releul *3*, un semnal electric.

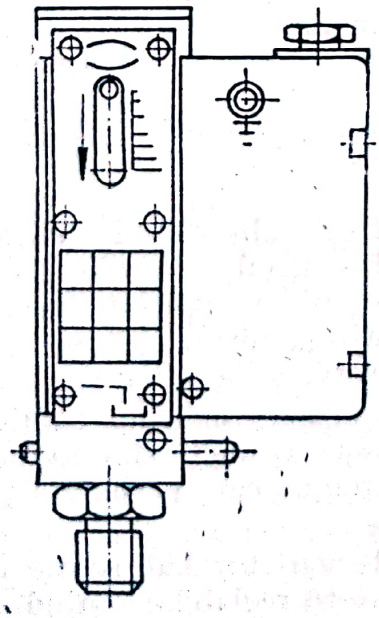


Fig. 3.103. Releu de presiune.

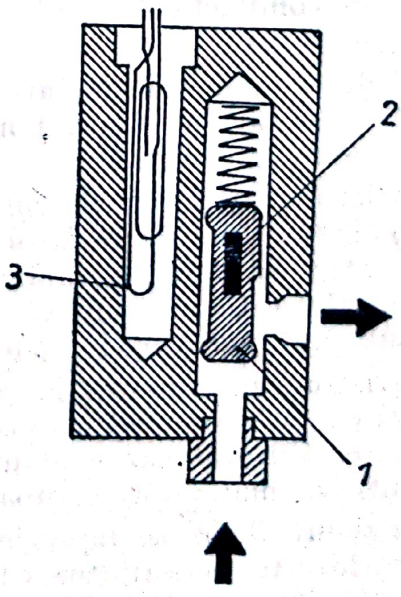


Fig. 3.104. Releu de supraveghere.

Scanned with OKEN Scanner

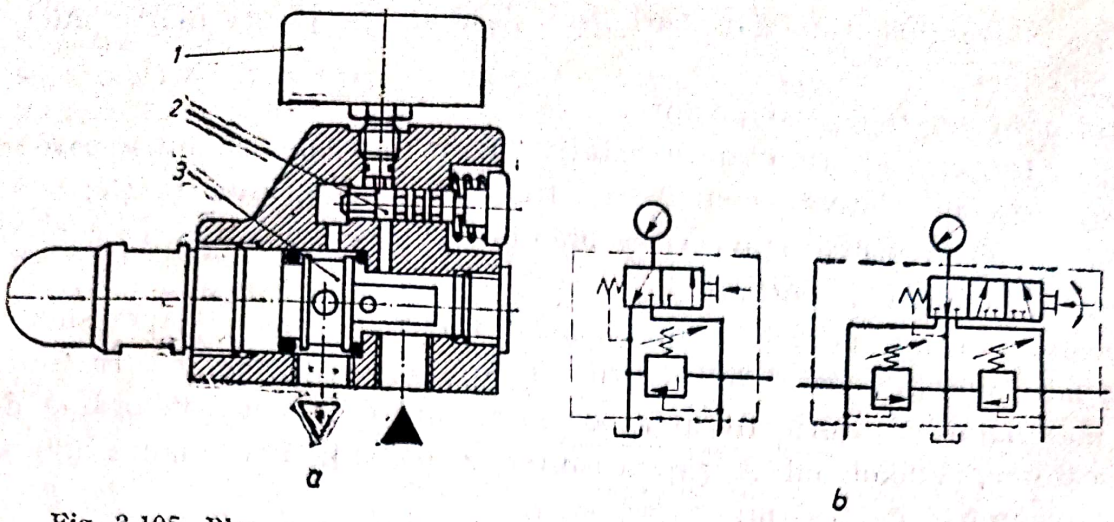


Fig. 3.105. Bloc manometru-supapă de presiune, robinet de cuplare-decuplare.

Manometrele se utilizează la măsurarea presiunii. În figura 3.105 se reprezintă o soluție de montare a unui manometru *1*, care poate fi cuplat sau decuplat de supapa de presiune *3*, prin intermediul robinetului *2*. Clasele de precizie a manometrelor sînt: 0,6; 1,0 și 2,0, și indică eroarea procentuală de măsură raportată la indicația de sfîrșit a scalei.

3.4.6. Variatori hidrostatici cu reglare continuă

Orice circuit hidraulic are o funcție de variator atîta timp cît el permite reglarea unei turații sau a unei viteze.

Există, însă, unități distincte numite variatori, care sînt constituite din pompe și motoare rotative. Acestea se pot clasifica astfel:

a) după felul circuitului:
- — închis;
- — deschis;

b) după construcție:
- — compactă;
- — separată;

c) după modul de reglare:
- — reglare separată pompă-motor;
- — reglare legată.

La variatorii cu circuit deschis întregul debit este absorbit și apoi refulat în rezervor, pe cînd la variatorii în circuit închis uleiul care iese din motor (mai puțin pierderile volumice și de spălare) va fi absorbit din nou de pompă. Datorită faptului că motorul are, atît la intrare cît și la ieșire, ulei sub presiune (care-l ține legat), el poate servi și la frînare.

Variatorii în construcție compactă au pompa și motorul cuprinse în aceeași carcasă, pe cînd la cei separați, carcasele distincte sînt legate prin conducte. Ultimul caz este utilizat în situația în care o singură pompă alimentează mai multe motoare.

În figura 3.106 se reprezintă o unitate de variator hidrostatic în circuit închis. În majoritatea cazurilor pompa este reglabilă, putînd debita în ambele direcții. Pentru utilizarea practică a acestui variator sînt nece-

sare totuşi cîteva elemente suplimentare:

a — protecţia la presiune se realizează cu ventilele maximale *3* şi *4* (ventilul *3* pentru cazul în care presiunea înaltă este în conducta C_1 şi ventilul *4* dacă aceasta este în conducta C_2). Uleiul care va parcurge unul din aceste ventile va trece în conducta de presiune joasă. Aceste ventile asigură şi frînarea motorului atunci cînd debitul pompei este nul;

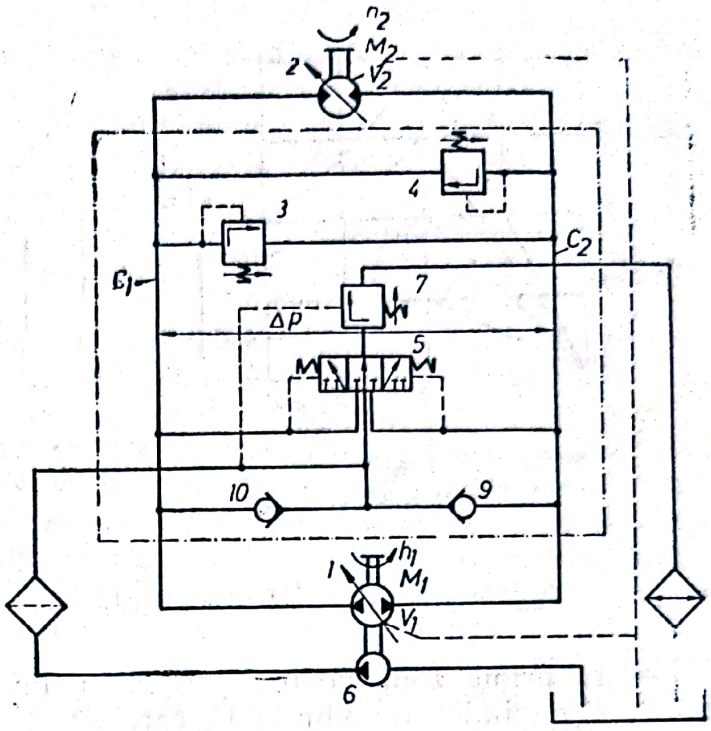


Fig. 3.106. Schema hidraulică a unui variator hidrostatic.

b — ventilul de spălare şi circuitul de alimentare. Ventilul de spălare *5* este un distribuitor acţionat hidraulic. Dacă pompa *1* este reglată pentru debit nul, atunci pompa de alimentare *6* va debita prin distribuitorul *5* (aflat în poziţie de mijloc), ventilul maximal *7* şi răcitorul *8* în rezervorul *9*. La ventilul maximal se reglează presiunea de alimentare respectiv presiunea joasă din circuit (la 8 ... 15 bar). Dacă pompa principală *1* se găseşte în reglaj de debitare (debitează ulei spre motor), conducta aflată la presiune înaltă va acţiona distribuitorul *5*, deschizînd calea dinspre conducta de presiune joasă spre ventilul maximal *7* şi de aici spre rezervor. Comanda ventilului maximal se realizează de la pompa de alimentare. Concomitent, pompa de alimentare *6* va debita prin unul din ventilele de reţinere *9* sau *10* în partea de presiune joasă, celălalt fiind menţinut închis de către presiunea din conducta de presiune înaltă. Se cunoaşte că între frecvenţele de rotaţie, volumurile unitare şi cuplurile la pompă şi motor există relaţiile:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{V_1}{V_2}\,;\quad M_1 = \frac{V_1 \cdot p}{2 \cdot \pi}\,;\quad M_2 = \frac{V_2 \cdot p}{2 \cdot \pi}\,;\quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_2}{n_1}\,. \qquad (3.104)$$

De obicei frecvenţa de rotaţie a pompei, n_1, este constantă, fiind antrenată de un motor electric asincron trifazat. Reglajul frecvenţei n_2 se poate face fie prin reglarea pompei (modificarea volumului V_1), fie prin reglarea pompei şi a motorului (a lui V_1 şi V_2), reglaj care poate fi făcut în parte sau concomitent. În cazul reglajului separat, se creşte debitul pompei de la 0 la debit maxim, cînd frecvenţa de rotaţie este egală cu aceea a pompei şi apoi pentru creşterea pe mai departe a frecvenţei de rotaţie a motorului se scade volumul unitar al motorului la valoarea minimă (fig. 3.107, *a*).

Interpretarea diagramei: se observă că atunci cînd cuplul rezistent la motor este maxim ($M_2 = M_{2max}$) şi diferenţa de presiune Δp (dintre conducta C_1 şi C_2) va fi maximă, adică $\Delta p = \Delta p_{max}$ (reglată cu ventilele maximale *3* şi *4*). Cupluri rezistente mai mici vor provoca corespunzător şi diferenţe de presiuni mai mici.

Scanned with OKEN Scanner

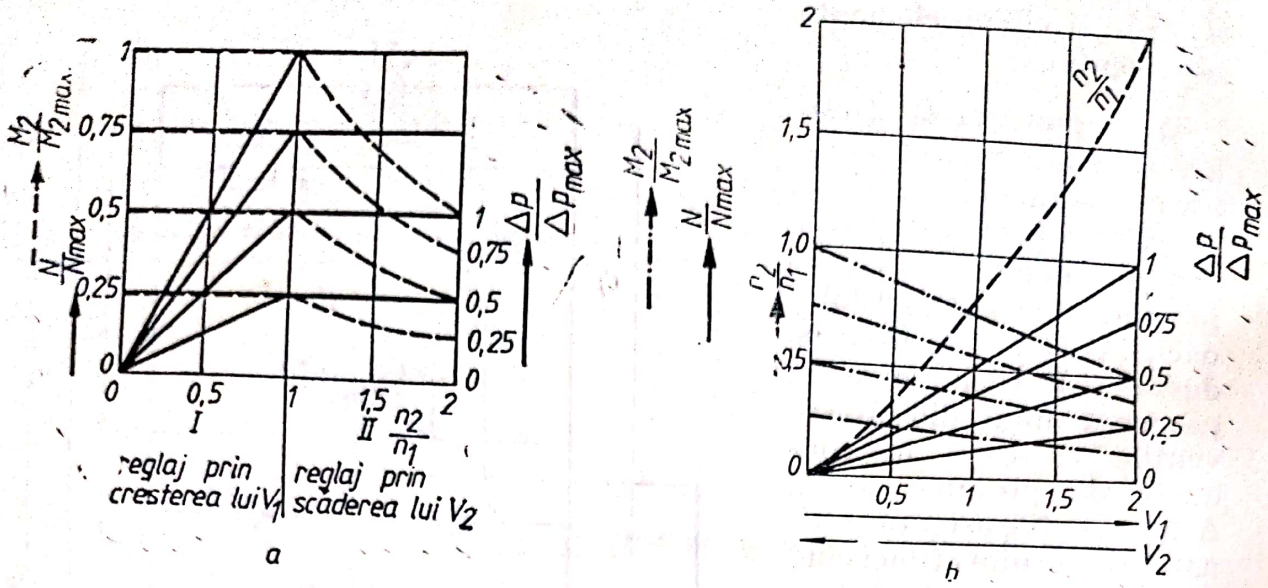


Fig. 3.107. Diagramele caracteristice ale unui variator hidrostatic.

— În prima zonă de reglaj (reglajul lui V_1) cuplul este constant, deoarece el depinde de volumul V_2 care este constant. În zona a doua, datorită scăderii lui V_2, cuplul va scădea.

— În prima zonă puterea variatorului va crește, deoarece crește frecvența n_2 la cuplu constant. În zona a doua puterea este constantă deoarece deși n_2 crește, în aceeași măsură scade cuplul motor. În cazul regimului concomitent (cuplat), se produce concomitent o creștere a lui V_1 și o scădere a lui V_2 (fig. 3.107, *b*), ceea ce produce o creștere exponențială progresivă a frecvenței motorului, o creștere liniară a puterii, precum și o scădere liniară a cuplului motor.

3.5. SISTEME DE ACȚIONARE ELECTRICĂ, COMANDA ȘI EXPLOATAREA ACESTORA

Considerații generale

În menținerea parametrilor procesului de așchiere la valorile prestabilite prin procesul tehnologic, o importanță deosebită o are sistemul de acționare și comandă electrică, deoarece caracteristicile de funcționare ale acestora, determină mărimea de intrare pe care un anumit lanț cinematic îl transmite, printr-un raport de transfer determinat, la organul de lucru.

Motoarele electrice constituie, în majoritatea cazurilor, sursele de acționare (de putere și mișcare) a lanțurilor cinematice ale mașinilor-unelte. Dezvoltarea automatizării, a comenzii numerice și a controlului adaptiv, impun, în măsură tot mai mare, folosirea acestora pentru fiecare lanț cinematic distinct, tendință ușurată de reducerea continuă a costului precum și al aparatajului lor de comandă.

Motoarele electrice sînt alimentate de obicei prin circuitul de acționare, de la rețeaua trifazică. Funcționarea unui motor se asigură prin intermediul unor contacte situate în circuitul de acționare. Închiderea și deschiderea acestora se realizează prin pîrghii acționate manual, electromag-

netic, hidraulic, pneumatic ş.a.m.d. În majoritatea cazurilor această funcţie este îndeplinită de către electromagneţi. Ansamblul de contacte, pîrghii şi sisteme de acţionare, constituit într-o unitate constructivă, poartă numele de releu. În acest caz, închiderea şi deschiderea acestor contacte se realizează prin comanda sistemelor de acţionare (electromagneţi) situate într-un circuit distinct numit de comandă.

Principial, structura schemei electrice a unei maşini-unelte (fig. 3.108) cuprinde circuitul de acţionare şi comandă, precum şi acţionarea propriu-zisă.

Contactul este elementul de bază al schemelor electrice; cu ajutorul lui se realizează închiderea şi deschiderea oricărui circuit. Dimensiunile şi construcţia contactelor sînt determinate de mărimea curentului care le străbate. În circuitele de forţă străbătute de curenţi mari se utilizează contacte din cupru, iar în cele străbătute de curenţi de intensitate mai redusă, se folosesc contacte confecţionate din pastile din argint aliat. Indiferent de forma constructivă, contactele au o poziţie de nefuncţionare numită normală (închisă sau deschisă) şi o poziţie de funcţionare. Reprezentarea simbolică a unui contact acţionat manual în poziţie normal deschisă este indicată în figura 3.109, *a*, iar a unui contact normal închis în figura 3.109, *b*. Astfel, se defineşte ca şi contact normal deschis contactul care atunci cînd nu este acţionat de aparatul său (mecanic, electric etc.) se găseşte în poziţie deschisă, întrerupînd circuitul în care se găseşte. Contactul normal închis este acela, care pentru starea neacţionată a aparatului său, se găseşte în poziţie închisă. Cînd aparatul de comandă este în stare de funcţionare, aceste contacte, trec în cealaltă stare de funcţionare, (contactul normal închis se deschide, iar cel normal deschis se închide) rămînînd în noua stare cît timp aparatul este acţionat.

Contactele, care sînt străbătute de curenţi nominali mari, se prevăd cu dispozitive speciale în scopul protejării lor contra flamelor de declanşare. Aceste flame pot apare chiar şi la cuplarea contactului, datorită revenirii lui prin reculul de anclanşare. Aceste întreruperi repetate ale circuitului, datorită „vibraţiilor" contactelor în momentul cuplării, pot scoate rapid din funcţiune contactele neprevăzute cu dispozitive speciale de protecţie.

Contactele releelor din schemele electrice funcţionează avînd asigurată protecţia de tensiune nulă. Dacă aparatele a căror contacte sînt închise în timpul funcţionării trec în stare normală (deschisă), atunci cînd curentul (din circuitele în care sînt incluse) dispare, ele au asigurată aşa-zisa „protecţie de tensiune nulă". Aceasta este necesară pentru evitarea reintrării în funcţiune a electromotoarelor oprite accidental, prin dispariţia tensiunii de la reţea.

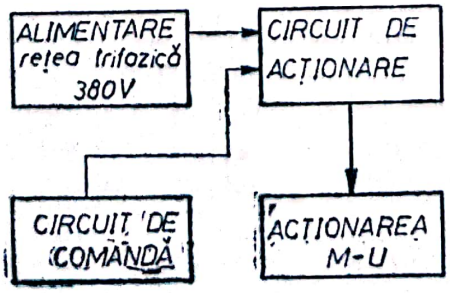


Fig. 3.108. Structura principială a schemei electrice a unei maşini-unelte.

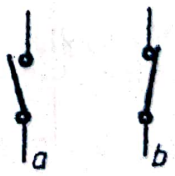


Fig. 3.109. Reprezentarea simbolică a unor contacte electrice.

Scanned with OKEN Scanner

3.5.1.1. Întocmirea schemei electrice. Simbolizarea elementelor din schemele electrice este indicată în: STAS 6668/62; STAS 1500/64; STAS 2877/64; STAS 3812/64; STAS 1842/64; STAS 1843/64; STAS 2408/64; STAS 2797/64; STAS 3526/64 şi STAS 3527/64.

Schemele electrice sînt constituite din două circuite distincte:
— circuite de forţă (de obicei trifazate);
— circuite de comandă (monofazate).

În circuitele de forţă sînt conectate elementele de acţionare (motoare, electromagneţi trifazaţi etc.), iar în circuitele de comandă, elementele necesare comenzii. Circuitele de comandă sînt legate între o fază (R, S, T) şi nulul 0 utilizînd de cele mai multe ori, transformatorul coborîtor de tensiune (fig. 3.110). În majoritatea cazurilor circuitele de comandă, derivă din circuitele de forţă. Există situaţii în care cele două circuite se reprezintă separat sau se reprezintă numai circuitele de comandă.

Schemele electrice se pot desena în două moduri:

a — schemele de montaj au ca şi caracteristică principală faptul că indică elementele electrice în mod compact, împreună cu conductorii electrici reprezentaţi în mod asemănător legării lor pe maşina-unealtă. Aceste scheme arată, în mod real locul fiecărui element în schemă (fig. 3.111, *a*);

b — schemele desfăşurate se caracterizează printr-o reprezentare defalcată pe circuite electrice. Astfel, contactele bobinelor şi restul elementelor sînt reprezentate în circuitele pe care le deservesc fără a ţine cont de legăturile mecanice dintre ele sau de amplasarea lor reciprocă (fig. 3.111, *b*). Din aceste motive, schemele desfăşurate sînt foarte clare, putîndu-se urmări pe ele cu uşurinţă funcţionarea şi rolul fiecărui element electric. Pentru o identificare facilă a diferitelor aparataje şi elemente electrice, circuitele se notează cu cifre, începînd cu circuitele de forţă şi terminînd cu cele de comandă. Identificarea uşoară a legăturilor din schema desfăşurată în instalaţia fzică se poate realiza prin notarea cu numere a tuturor nodurilor din schemă.

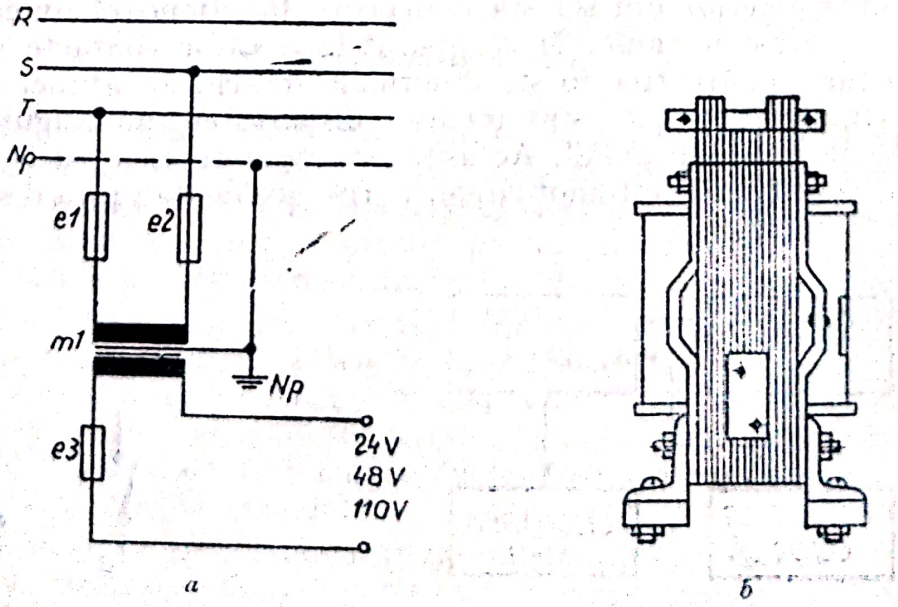


Fig. 3.110. Transformator coboritor de tensiune:
a — schema; *b* — soluţie constructivă.

Scanned with OKEN Scanner

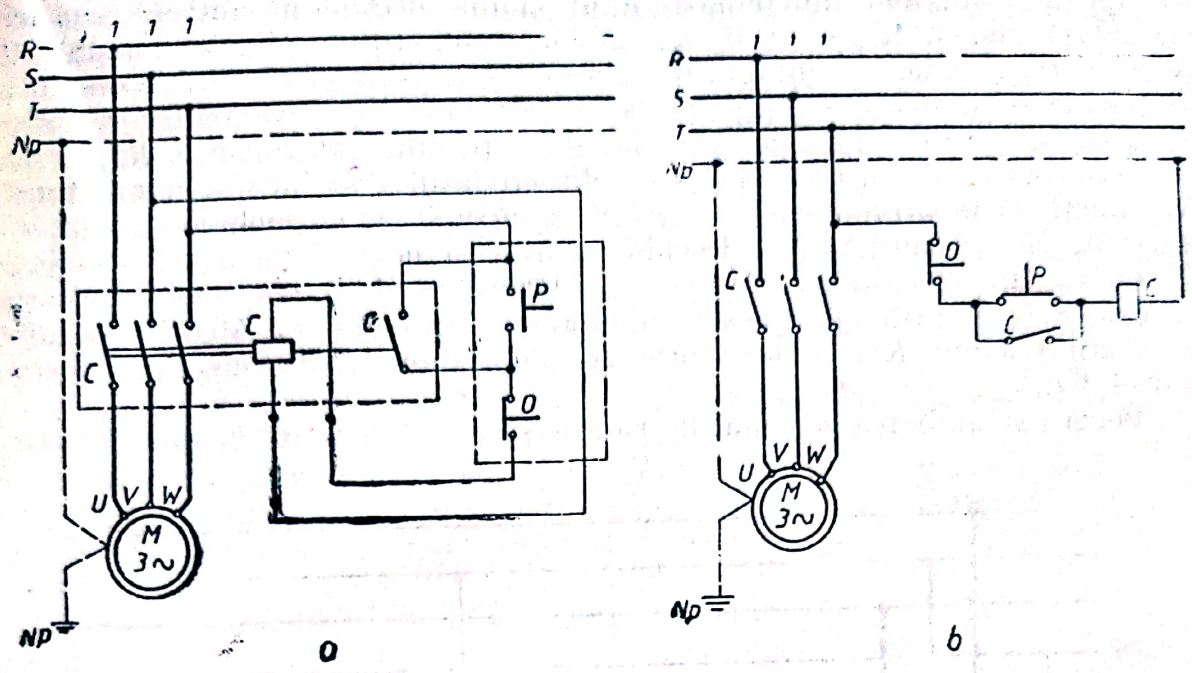


Fig. 3.111. Tipuri de scheme electrice.

3.5.1.2. **Alimentarea circuitelor de comandă.** În circuitele de comandă sînt conectate de obicei bobinele releelor sau bobinele unor aparate de conectare mecanică, hidraulică sau pneumatică (electromagneţi, cuplaje electromagnetice, ventile etc.). În comandă, cel mai mult se utilizează releele cu contacte. În ultimul timp se utilizează tot mai mult elementele de comandă fără contacte, în special la maşinile cu comandă numerică, pentru transmiterea informaţiilor de la purtătorul de program şi de la traductoarele de deplasare. În cazul unui număr mic de aparate în sistem, alimentarea cu curent se realizează de obicei direct de la reţeaua electrică (între o fază şi nul), iar atunci cînd sistemul de comandă este mai complicat, cu ajutorul unui transformator de coborîre.

Tensiunea de fază are valoarea de 220 V. Utilizarea ei are avantajul că micşorează nomenclatorul bobinelor aparatelor privind tensiunea de alimentare, uşurînd exploatarea instalaţiilor electrice ale maşinilor-unelte. De multe ori se utilizează tensiunea de 220 V obţinută printr-un transformator cu raportul de transformare 1 : 1, avantajul fiind acela că dispare conductorul neutru al reţelei generale de alimentare, scăzînd astfel pericolul de electrocutare. La utilizarea tensiunii directe dintre fază şi nul, există posibilitatea de electrocutare la atingerea dintre partea sub tensiune din schemă şi masele metalice ale maşinii legate la pămînt.

Utilizînd transformatoare coborîtoare de tensiune (la 24 ; 48 ; 110 V), este obligatoriu ca acestea să aibă înfăşurarea primară separată de cea secundară.

Este interzisă utilizarea autotransformatoarelor, a coborîtoarelor de tensiune cu rezistenţe sau a altor dispozitive care nu au izolarea galvanică de sursa de curent.

Frecvent se utilizează tensiunile de 110 şi 220 V. Tensiunile de 24 şi 48 V se utilizează atunci cînd se impun condiţii speciale din punctul de vedere al tehnicii securităţii (de exemplu cînd există contacte neacoperite).

Scanned with OKEN Scanner

3.5.1.3. Comanda funcționării unui motor electric în ambele sensuri de rotație fig. 3.112. Alimentarea bobinei contactorului C_1 din circuitul *9* se face prin închiderea contactorului normal deschis al releului RI_1. Comanda de închidere se realizează prin apăsarea butonului b_2, din circuitul *6*, prin care se închide circuitul de alimentare al releului intermediar RI_1. Prin aceasta contactul său normal deschis din circuitul *9* se închide, iar motorul va funcționa în primul sens de rotație. Concomitent cu închiderea contactului b_2 din circuitul *6*, se deschide contactul normal închis al aceluiași buton b_2, din circuitul *7*. Astfel, se înlătură posibilitatea scurtcircuitării fazelor *S* și *T* prin apăsarea accidentală a butonului b_4. Menținerea alimentării releului RI_1 se face prin contactul normal deschis C_1, din circuitul *6a*.

Pentru schimbarea sensului de rotație se apasă butonul b_4 din circuitul

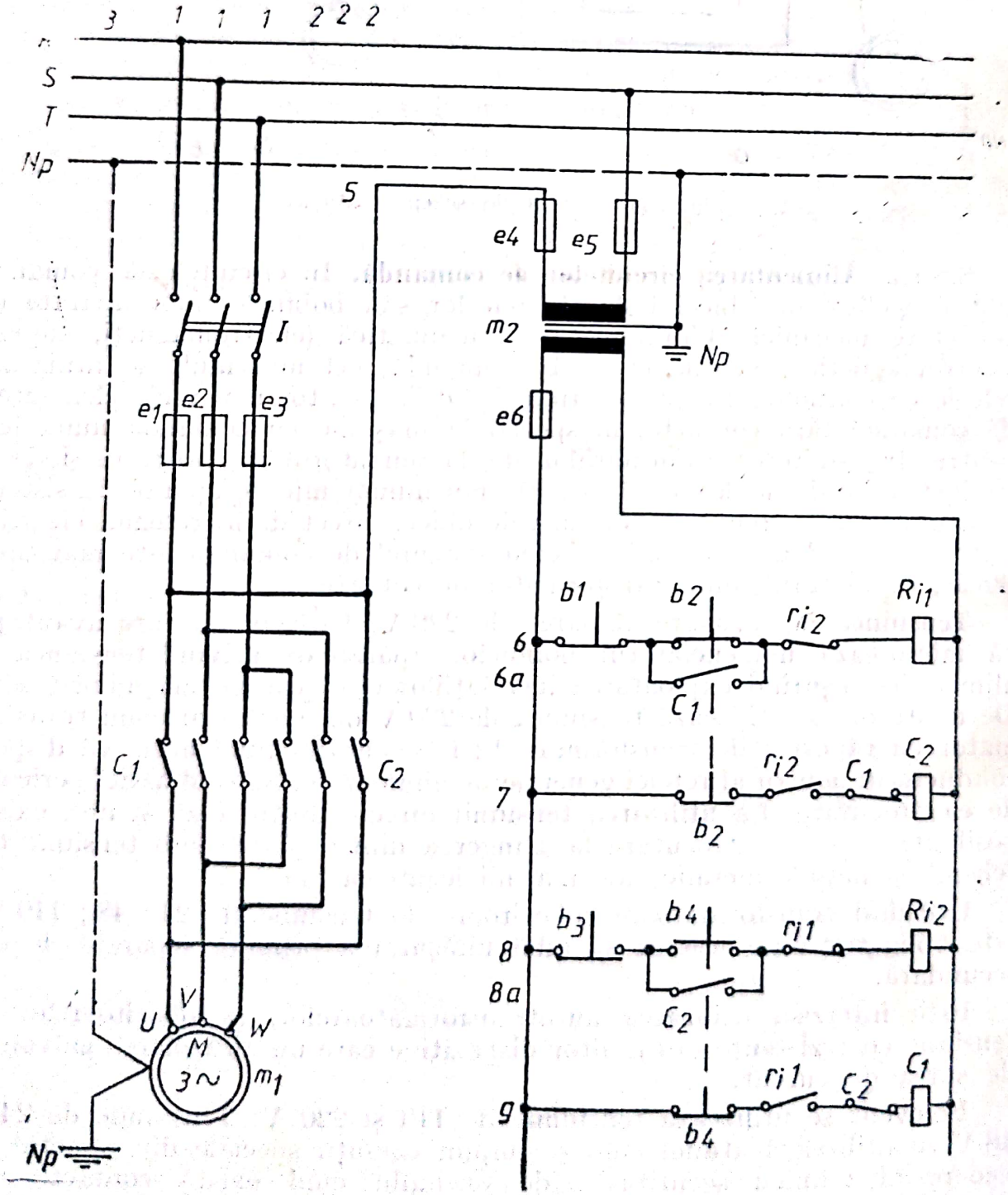


Fig. 3.112. Comanda funcționării unui motor electric în ambele sensuri de rotație

Scanned with OKEN Scanner

8. Contactul său normal închis din circuitul *9* se va deschide și prin aceasta se întrerupe circuitul de alimentare al bobinei C_1. Aceasta duce la închiderea contactului său normal închis din circuitul *7*, urmată de deschiderea contactului său normal deschis C_1 din circuitul *6a*. Prin deschiderea acestui contact, alimentarea releului intermediar RI_1 se întrerupe și contactul său normal închis din circuitul *6*, se închide.

Închiderea acestui contact face ca bobina releului RI_2 să fie pusă sub tensiune și ca urmare singurul contact normal deschis din circuitul *7* se închide, iar bobina contactorului C_2 ajunge sub tensiune.

Datorită acestui lucru, contactele sale C_2 din circuitele *2* se închid și motorul pornește în sensul „doi" de rotație.

Menținerea tensiunii în releul RI_2, după eliberarea butonului b_4, se face prin contactul de automenținere C_2 din circuitul *8a*.

Introducerea celor două relee intermediare RI_1 și RI_2, asigură o decalare în timp suficientă între momentele de declanșare și anclanșare a contactoarelor de inversare, fapt care nu permite apariția scurtcircuitării fazelor.

Schema se poate folosi în acele circuite de comandă unde nu este nevoie de o inversare cu frecvență mare a mișcării motorului. Schema nu conține toate elementele de protecție ale motorului electric de acționare.

3.5.1.4. **Scheme electrice în care sînt figurate elemente de protecție (fig. 3.113).** Protecția motorului la suprasarcini se realizează prin montarea, în circuitele *1*, respectiv *2*, a releelor termice trifazice e_{10}; e_{11}. Pornirea motorului m_1 se face prin acționarea butonului de comandă b_1. Prin aceasta se închide circuitul de alimentare al bobinei C_1. Contactele sale din circuitele *1* se închid și motorul pornește. Menținerea tensiunii în bobina C_1 se realizează prin închiderea contactului C_1 din circuitul *5a*.

La trecerea curentului de alimentare a motorului, lamelele releului termic trifazic montate în circuitul de alimentare se vor deforma. Reglînd releul la valoarea curentului nominal, contactele acestuia se vor deschide dacă curentul de alimentare va depăși valoarea curentului nominal.

Funcționarea sistemului de comandă a pornirii motorului și protecția lui m_2 se realizează într-un mod asemănător ca și în cazul motorului m_1.

Pentru protecția contra scurtcircuitelor s-au introdus în sistemul de comandă, de acționare și în cel de iluminat local siguranțe fuzibile corespunzătoare.

În circuitele de acționare *1* există siguranțele fuzibile *e*4 ; *e*5 ; *e*6 (10 A), iar în circuitele de acționare *2*, siguranțele *e*7 ; *e*8 ; *e*9 ; (25 A). În schemă sînt prevăzute și siguranțele principale *e*1 ; *e*2 și *e*3. Dimensionarea lor trebuie să se facă ținînd cont de suma curenților nominali ai tuturor circuitelor. În cazul în care această sumă este mai mică decît valoarea unui curent nominal al unui circuit individual pentru care s-au prevăzut siguranțe în circuitul respectiv, siguranțele generale nu se vor monta. Astfel în schema din figura 3.113, curenții nominali au următoarele valori :

— motorul m_1 :	$I_n = 5A$ (catalog) ;
— motorul m_2 ;	$I_n = 11A$ (catalog) ;
— transformatorul m_3 :	$I_n = 1A$ (în primar)-catalog ;
— tranformatorul m_4 :	$I_n = 0{,}5A$ (în primar)-catalog ;
— schema de comandă :	$I_n = 1A$, în bobinele contactorilor C_1 și C_2 (catalog).
Total :	18,5A

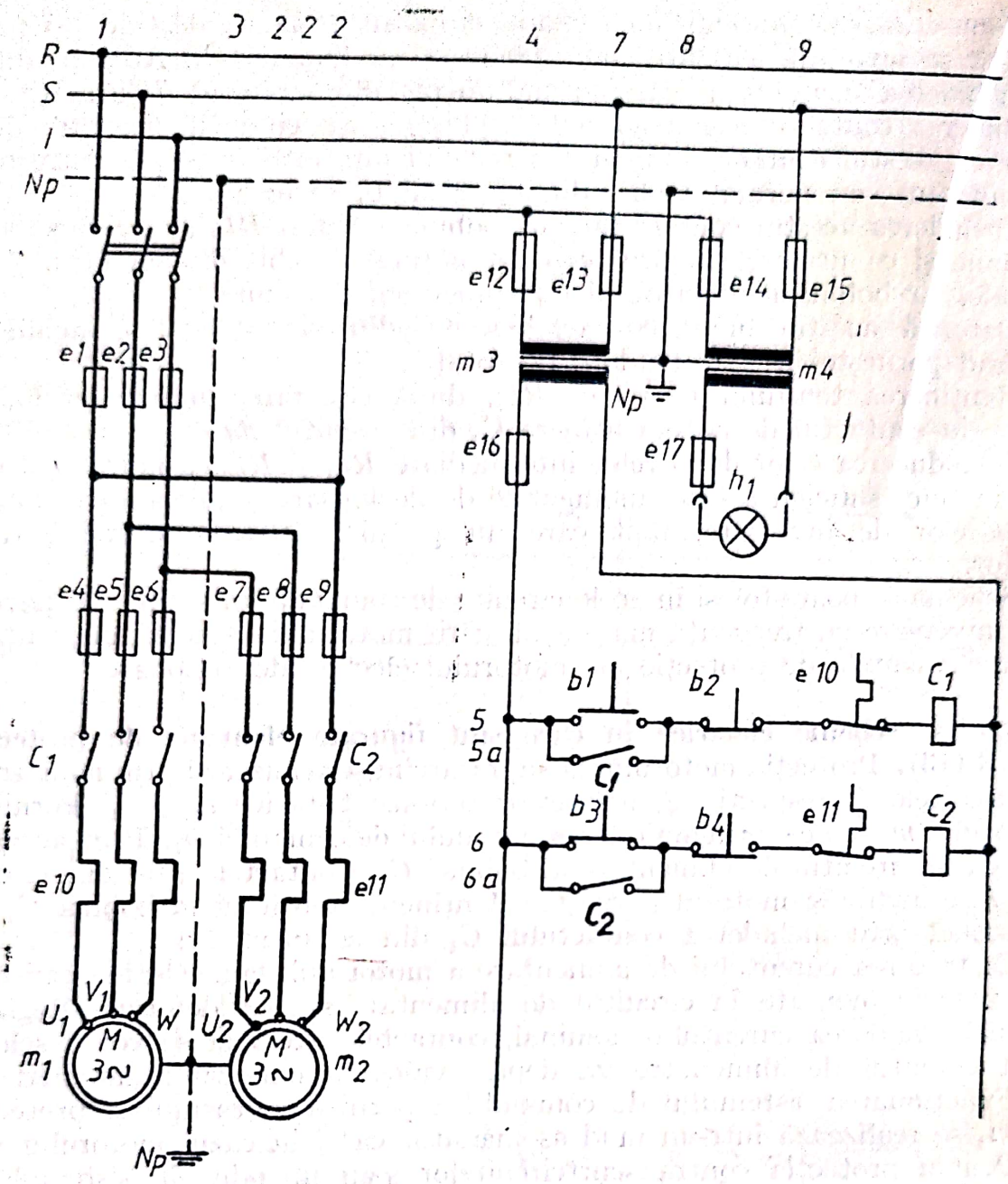


Fig. 3.113. Schemă cu elemente de protecţie.

Curentul nominal total fiind de valoare mai mică decît curentul pentru care au fost dimensionate siguranţele *e*7, *e*8 şi *e*9, (25 A), siguranţele *e*1, *e*2, *e*3 nu mai sînt necesare, rolul lor fiind îndeplinit de siguranţele *e*7, *e*8 şi *e*9.

Schema de comandă mai conţine în circuitele *4*, *7*, *8* şi *9*, siguranţele *e*12; *e*13; *e*14; *e*15; *e*16 şi *e*17. Acestea asigură protecţia transformatoarelor m_3 şi m_4, precum şi a schemei de comandă şi a sistemului de iluminat local.

3.5.1.5. **Schema pornirii unui motor în scurtcircuit cu ajutorul releului de timp (fig. 3.114).** Pentru protejarea motoarelor de putere mare, în perioada lor de pornire, se introduc rezistenţele *r*1, *r*2, *r*3, în circuitul statorului lor, rezistenţe care vor fi şuntate după intrarea motorului electric în regimul său normal de funcţionare.

Astfel, la apăsarea butonului b_2, din circuitul *5*, se închid contactele contactorului C_1. Motorul porneşte, fiind alimentat prin rezistenţele *r*1,

Scanned with OKEN Scanner

$r2$, $r3$ din circuitul *1*. Concomitent se alimentează şi bobina releului de timp *d* din circuitul *6*. După timpul de temporizare reglat, care este egal cu timpul de pornire, contactul normal deschis din circuitul *7* se va închide, iar bobina contactorului C_2 va fi pusă sub tensiune. Prin aceasta contactele sale din circuitele *2* se vor închide şi vor şunta rezistenţele $r1$, $r2$; $r3$. În continuare motorul va funcţiona alimentat prin contactele contactoarelor C_1 şi C_2. În schemă nu au fost prevăzute elementele de protecţie ale motorului împotriva suprasarcinilor (releele termice).

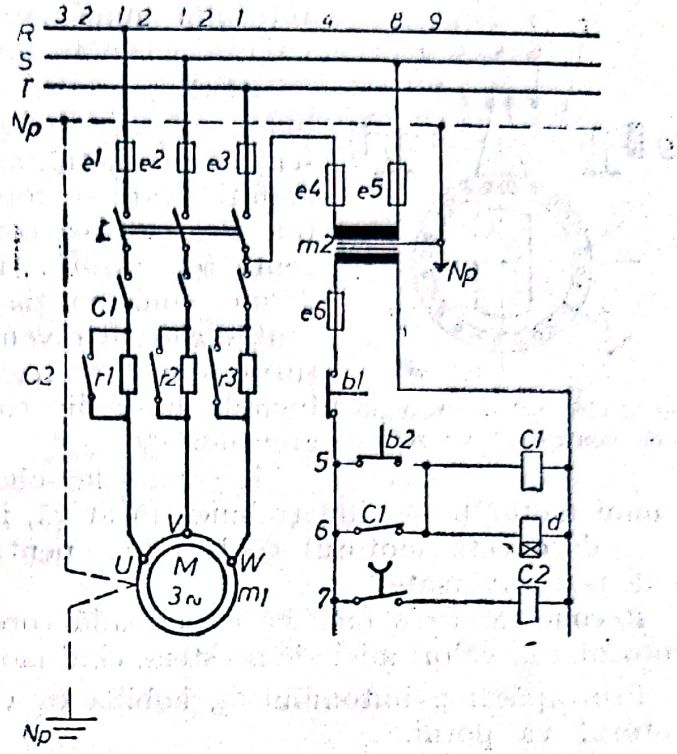


Fig. 3.114. Schema pornirii unui motor electric în scurtcircuit cu ajutorul releului de timp.

3.5.1.6. **Schema frînării prin contracurent a unui motor ireversibil (fig. 3.115).** În cazurile în care motorul electric acţionează lanţuri cinematice care pun în mişcare mase mari, pentru frînarea sa se utilizează metoda curentului invers. În aceste situaţii se intercalează în circuitul de comandă „releul de control al vitezei". (fig. 3.116).

Arborele *1* al releului se cuplează la un arbore al cutiei de viteze aflat în mişcare de rotaţie, sau chiar pe arborele motorului electric. Pe el este fixat magnetul permanent *2*, iar corpul cilindric *3*, prevăzut cu o înfăşurare interioară *4* analoagă înfăşurării

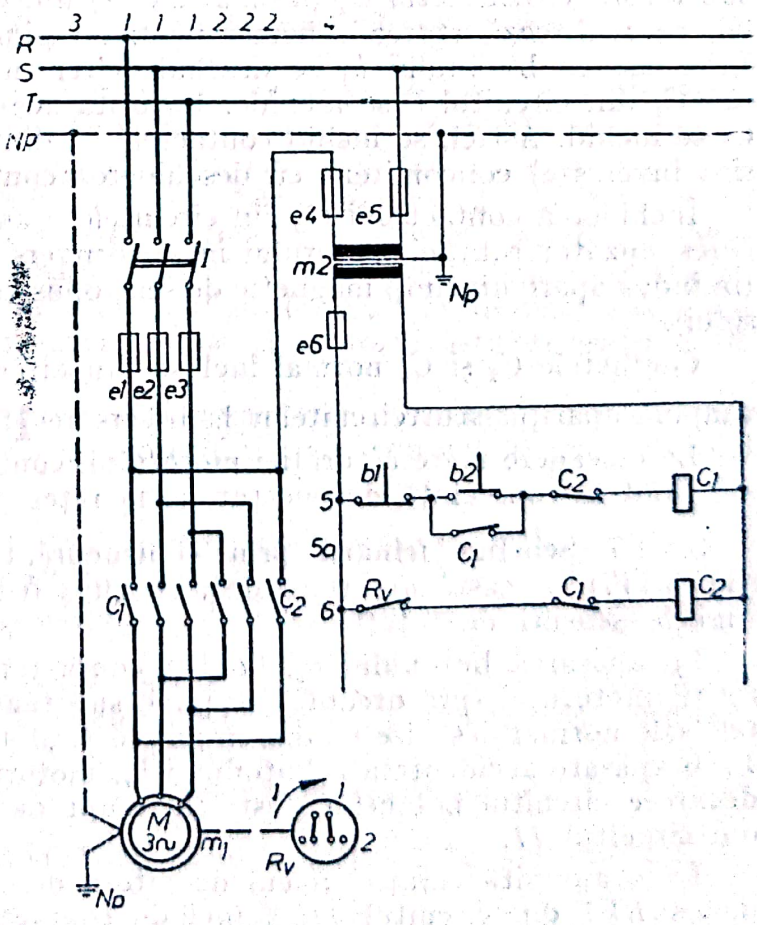


Fig. 3.115. Schema frînării prin contracurent a unui motor ireversibil.

Scanned with OKEN Scanner

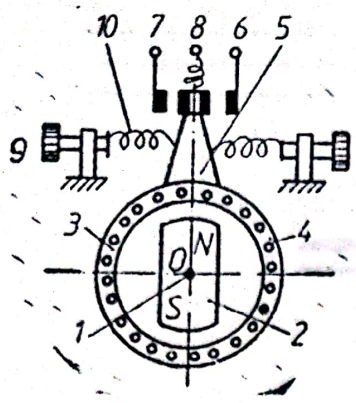


Fig. 3.116. Schema releului de control al vitezei.

rotorului unui motor asincron cu rotorul în scurt-circuit, se poate învîrti în jurul lui.

Cînd axul *1* se roteşte, în înfăşurarea *4* apare un curent şi ca urmare corpul *3* se va roti în acelaşi sens cu magnetul, analog rotorului motorului sus-amintit, care se roteşte în urma cîmpului învîrtitor. Prin rotirea corpului *3*, braţul *5* va acţiona contactele *6* sau *7*, în funcţie de sensul de rotaţie. Atunci cînd turaţia axului *1* scade la valori mici, contactele vor reveni la poziţia iniţială. Cu ajutorul şuruburilor *9* se reglează viteza pentru care releul închide unul din contactele sale (prin tensionarea arcurilor *10*).

Revenind la schema frînării prin contracurent a unui motor ireversibil trebuie arătat că, în principiu, aceasta are funcţia de a deconecta motorul de la reţea, pentru ca apoi să-l reconecteze cu două faze inversate.

Reconectarea se face pe o perioadă corespunzătoare reducerii turaţiei motorului la valori mici ale acesteia, cînd motorul se decuplează de la reţea.

Prin apăsarea butonului b_2, bobina C_1 va fi alimentată cu tensiune şi motorul va porni.

La creşterea turaţiei peste o anumită limită, releul de viteză închide contactul său R_v (normal deschis) din circuitul *6*. Deoarece bobina C_1 este sub tensiune, contactul C_1 (normal închis) din circuitul *6* se deschide. Astfel, se realizează starea schemei pentru regimul normal de funcţionare. La apăsarea butonului b_1 se deschide circuitul bobinei C_1, iar contactul său C_1 din circuitul *6* se închide. Datorită acestui fapt contactele bobinei C_2 se închid. Astfel, se închid contactele C_2 din circuitele *2* (fazele *S* şi *T* sînt inversate) concomitent cu deschiderea contactului C_2 din circuitul *5*.

Închiderea contactului C_2 din circuitele *2* asigură închiderea circuitului corespunzător rotaţiei motorului în sens invers şi deci, o frînare puternică (în indus apare un cîmp magnetic de sens opus celui de funcţionare a motorului).

Contactele C_1 şi C_2 normal închise din circuitul *6* respectiv *5*, preîntîmpină apariţia scurtcircuitelor la inversarea fazelor.

La o scădere mare a turaţiei motorului, contactul R_v se deschide, motorul fiind în consecinţă deconectat de la reţea.

3.5.1.7. **Schema frînării prin contracurent a unui motor reversibil (fig. 3.117).** Aceasta are rolul de a asigura frînarea motorului m_1 pentru ambele sensuri de rotaţie.

La apăsarea butonului b_2, bobina contactorului C_1 (pentru asigurarea rotirii motorului spre dreapta) se pune sub tensiune, închizîndu-şi contactele sale normal deschise C_1 din circuitele *1*. Motorul porneşte spre dreapta. La o apăsare accidentală a butonului b_3, motorul nu va porni spre stînga, deoarece circuitul bobinei C_2 este întrerupt de către contactul deschis C_1 din circuitul *11*.

La o anumită turaţie, releul de viteză deschide contactul său normal închis *RF*1 din circuitul *11* şi închide contactul său normal deschis din circuitul *12*. În momentul apăsării pe butonul b_1 din circuitul *10*, bobina contactorului C_1 nu va mai fi alimentată.

Scanned with OKEN Scanner

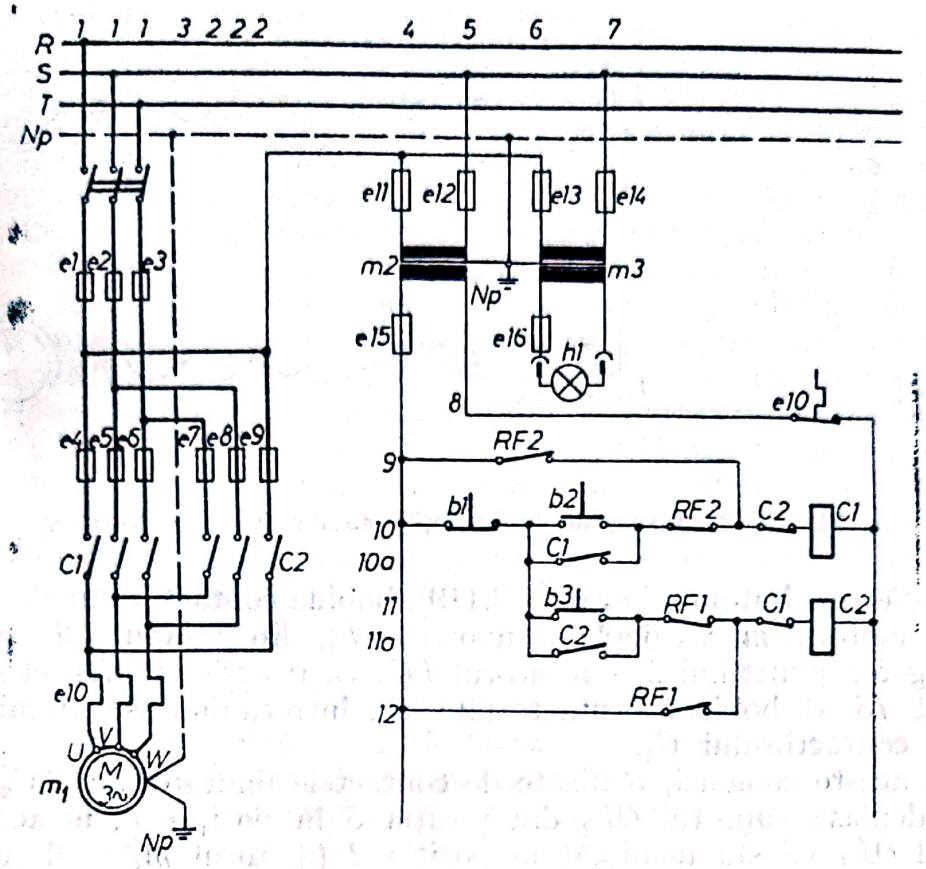


Fig. 3.117. Schema frînării prin contracurent a unui motor reversibil.

Prin aceasta contactul său C_1 (normal închis) din circuitul *11* se închide. Circuitul bobinei contactorului C_2 se va închide prin contactul acum închis *RF*1, din circuitul *12* şi contactul C_1 din circuitul *11*.

Contactele contactorului C_2 din circuitele *2* se închid şi motorul va fi alimentat pentru sensul de rotaţie spre stînga. După scăderea turaţiei spre valoarea 0 (sensul de rotaţie rămînînd încă spre dreapta), contactul normal deschis al releului *RF*1 din circuitul *12* se va deschide. Alimentarea bobinei contactorului se întrerupe şi motorul este decuplat de la reţea.

Pentru rotirea spre stînga, funcţionarea este analoagă, cu deosebirea că releul va comanda frînarea motorului prin contactele contactorului *RF*2.

3.5.1.8. **Schema de comandă pentru deplasarea în ciclu automat a două suporturi ale maşinii-unelte.** Ciclul de lucru (fig. 3.118) a suporturilor de lucru OL_1 şi OL_2, acţionate de motoarele m_1 şi m_2, este următorul:

— deplasarea organului de lucru OL_1, din poziţia *1* în poziţia *2*;

— la atingerea poziţiei *2* de către suportul OL_1, suportul de lucru OL_2 să se deplaseze din poziţia *3* în poziţia *4*;

— după atingerea poziţiei *4* de către suportul OL_2, suportul OL_1 să revină în poziţia iniţială;

— după atingerea poziţiei *1* de către suportul OL_1, suportul OL_2 să revină în poziţia iniţială.

Acest ciclu de lucru automat al suporturilor OL_1 şi OL_2 se poate realiza începînd cu fixarea limitatorilor de cursă LC_1, LC_2, LC_3, LC_4, în punctele *1*, *2*, *3* şi *4*.

Scanned with OKEN Scanner

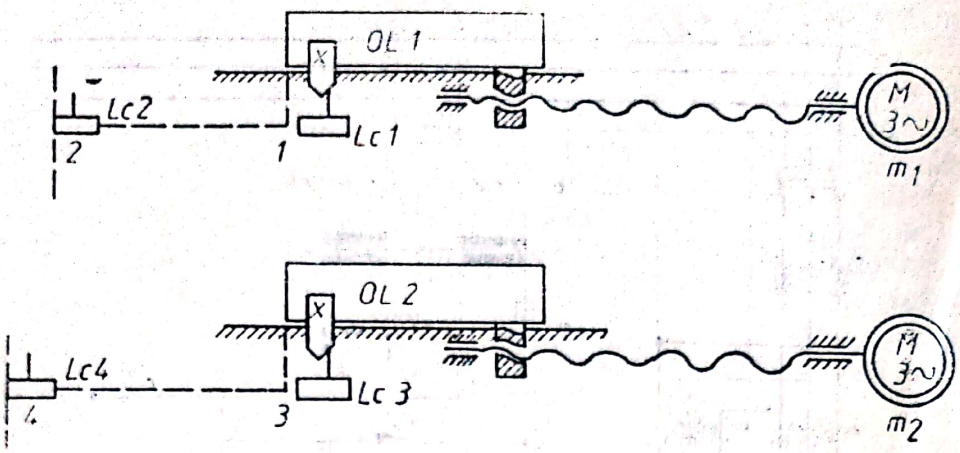


Fig. 3.118. Organe de lucru acționate de motoare electrice.

La apăsarea butonului b_2 (fig. 3.119), bobina contactorului C_1 se anclanșează și motorul m_1 va deplasa suportul OL_1, din punctul *1* în punctul *2*. La atingerea punctului *2*, limitatorul LC_2 va fi acționat. Astfel se închide circuitul *13* al bobinei contactorului C_3, întrerupîndu-se circuitul *12* al bobinei contactorului C_1.

Prin aceste comenzi, realizate de contactele limitatorului LC_2, motorul m_2 va deplasa suportul OL_2 din poziția *3* în poziția *4*; în același timp suportul OL_1 va sta nemișcat în poziția *2* (motorul m_1 se decuplează la deschiderea contactului normal închis LC_2 din circuitul *12*). După atin-

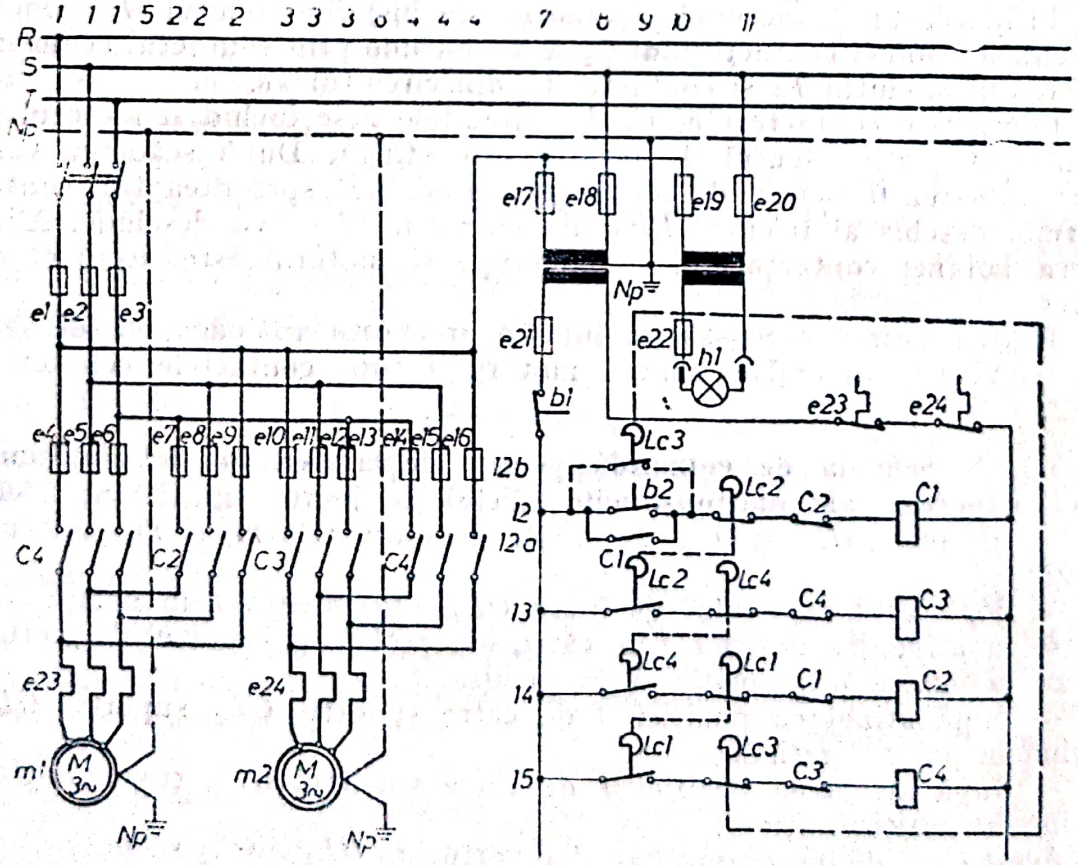


Fig. 3.119. Schema de comandă pentru deplasarea în ciclu automat a două motoare electrice.

gerea punctului *4* de către opritorul suportului OL_2, se va închide contactul normal deschis al limitatorului de cursă LC_4 din circuitul *14*, deschizîndu-se contactul normal închis al aceluiaşi limitator din circuitul *13*. Prin aceste comenzi realizate de către contactele limitatorului amintit se va pune sub tensiune bobina contactorului C_2, care va închide contactele sale din circuitele *2*, provocînd astfel deplasarea suportului OL_1 din poziţia *2* în poziţia *1*. Pe durata acestei deplasări suportul OL_2 rămîne nemişcat în poziţia *4*, deoarece bobina contactorului C_3 a fost scoasă de sub tensiune prin deschiderea contactului normal închis LC_4 din circuitul *13*. La atingerea punctului *1*, contactele limitatorului de cursă LC_1, vor trece în poziţie reciprocă. Astfel, contactul LC_1 normal deschis din circuitul *15* se va închide, iar cel normal închis din circuitul *14* se deschide. Închiderea contactului LC_1 din circuitul *15* va pune sub tensiune bobina contactorului C_4. Prin închiderea contactelor sale din circuitele *4*, motorul m_2 va deplasa suportul de lucru OL_2 din poziţia *4* în poziţia *3*. În timpul acestei mişcări suportul OL_1 rămîne în poziţia *1*, deoarece contactul LC_1 din circuitul *14* este deschis şi prin acesta bobina contactorului C_1 este scoasă de sub tensiune. În momentul în care opritorul de pe suportul OL_2 atinge punctul *3*, suportul se va opri în această poziţie, deoarece contactul normal închis al limitatorului LC_3 din circuitul *15* se deschide.

După realizarea acestui ciclu de lucru, ambele suporturi rămîn nemişcate în poziţia iniţială, pînă la o nouă acţionare a butonului b_2.

În cazul în care contactul normal deschis al limitatorului LC_3 se leagă în paralel cu butonul b_2 (linie întreruptă) ciclul se reia de la început, fără a mai fi necesară acţionarea butonului b_2.

Oprirea ciclului în caz de urgenţă se poate face prin apăsarea pe butonul de oprire b_1

Protecţia instalaţiei împotriva suprasarcinilor se realizează prin intermediul releelor termice e_{23} şi e_{24}, care prin înserierea contactelor lor din circuitul *8* pot decupla în mod automat instalaţia de comandă şi deci implicit prin intermediul contactoarelor $C_1 \ldots C_4$, motoarele m_1 şi m_2. Prin intermediul becului h_1 se poate asigura iluminatul local.

3.5.2. Motoare electrice de acţionare a maşinilor-unelte

Motoarele electrice utilizate în acţionarea lanţurilor cinematice ale maşinilor — unelte sînt fie de c.a. fie de c.c. În ultimul timp încep să fie utilizate tot mai mult, pentru lanţurile cinematice de avans, motoare electrice pas cu pas.

3.5.2.1. **Alegerea motoarelor.** *Motoarele electrice de curent alternativ* sînt cel mai des folosite în acţionarea maşinilor-unelte, deoarece alimentarea şi construcţia lor implică costuri minime. Cea mai mare răspîndire o au motoarele asincrone trifazice, care pot fi:

3.5.2.1.1. *Motoarele asincrone cu rotorul în scurtcircuit* — sînt alcătuite din trei grupe distincte de bobine de excitaţie şi din rotorul scurtcircuitat, fără nici o legătură cu statorul. Datorită cîmpului magnetic învîrtitor creat de bobinele statorului, legate la reţeaua trifazică, în rotor se induce un curent electric. Cîmpul magnetic al acestui curent interacţionează cu cîmpul magnetic învîrtitor, producînd mişcarea de rotaţie a rotorului, rămasă în urmă faţă de prima, lucru numit alunecarea rotorului. Pornind de la aceasta motorul a fost numit asincron.

Scanned with OKEN Scanner

3.5.2.1.2. *Motoarele asincrone trifazate cu rotor bobinat* — se caracterizează prin aceea că au legate capetele bobinelor din rotor la trei inele colectoare montate pe arborele lor. Prin intermediul periilor se pot intercala rezistenţe în circuitele rotorului. După atingerea turaţiei nominale, inelele se scurtcircuitează funcţionînd ca un motor în scurtcircuit.

Utilizarea motoarelor electrice asincrone trifazice crează anumite probleme specifice legate de pornirea, frînarea şi reglarea turaţiei lor. Aici ne vom referi doar la modificarea turaţiei acestora, care este dată de relaţia :

$$n = 60 \cdot f/p(1 - s),$$

unde : f este frecvenţa reţelei, în (Hz) ; p — numărul perechilor de poli ai bobinajului statorului ; s — este alunecarea.

Deci, turaţia acestor motoare poate fi modificată în trei feluri : prin modificarea frecvenţei, a alunecării sau a numărului perechilor de poli. Ultima este o reglare continuă, dar neraspîndită datorită costului ei ridicat. Reglarea turaţiei prin modificarea alunecării este tot un procedeu de reglare continuu şi se realizează prin variaţia rezistenţei unui reostat introdus în circuitul rotorului. Astfel, valoarea alunecării critice creşte, panta caracteristicii mecanice devine mai mare şi pentru acelaşi cuplu rezistent, alunecarea creşte, turaţia motorului variind mult la variaţia sarcinii.

Procedeul cel mai răspîndit este acela de a modifica turaţia prin varierea numărului perechilor de poli. Prin acest procedeu se obţine o variaţie discretă a turaţiei. Comutarea numărului perechilor de poli se realizează prin comutatoare speciale.

3.5.2.1.3. *Motoarele electrice de curent continuu* încep să fie utilizate din ce în ce mai mult datorită costului lor (şi în special al aparatajului lor de comandă) din ce în ce mai scăzut, precum şi a performanţelor lor superioare. Ele se utilizează din ce în ce mai mult la utilajele cu grad mare de automatizare. Totodată ele permit simplificarea la maximum a structurilor cinematice, iar datorită flexibilităţii comenzii lor (pe cale electrică) se pretează la comenzile adaptive şi prin calculator a maşinilor-unelte.

3.5.2.1.4. *Motoare electrice pas cu pas* (fig. 3.120) sînt motoare constituite din trei sau mai multe sisteme stator-rotor dispuse unul după altul. Atît statoarele cît şi rotoarele posedă crestături care formează polii acestora. Polii celor trei statoare sînt aliniaţi pe toată lungimea motorului, iar cele trei porţiuni ale rotorului au asemenea poziţie relativă încît polii lor (în număr şi pas egal cu ai statorului) să fie decalaţi de la rotor la rotor cu 1/3 paşi. Polii statorului sînt astfel înfăşuraţi încît să aibă polaritate alternativă nord-sud, nord-sud ... etc. Primul rotor se aşază astfel faţă de primul stator (cînd acesta este sub tensiune) încît rezistenţa magnetică să fie minimă. Al doilea rotor se va roti cu 1/3 din pas, atunci cînd al doilea stator se află sub tensiune. La fel va acţiona şi cel de al treilea grup stator-rotor. Acum dacă înfăşurările sta-

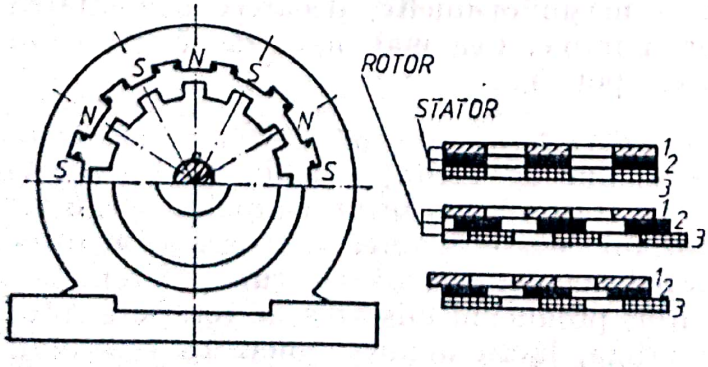


Fig. 3.120. Motor electric pas cu pas.

torice sînt alimentate succesiv (fig. 3.121) printr-un sistem de comandă corespunzător (electronic), rotorul se va roti intermitent cu o viteză ce depinde de frecvența de comutare a alimentării de pe o înfășurare statorică pe alta, unghiul de rotație intermitentă fiind:

$$\varphi = \frac{1}{3} \cdot \frac{360^\circ}{N}, \qquad (3.105)$$

unde N este numărul de poli al fiecărui sistem stator-rotor. Alimentarea se face cu semnale de tip impuls. Motoarele pas cu pas se folosesc adesea ca și sisteme de avans la mașini-unelte cu comandă program, direct sau cuplate cu amplificatoare hidraulice de putere.

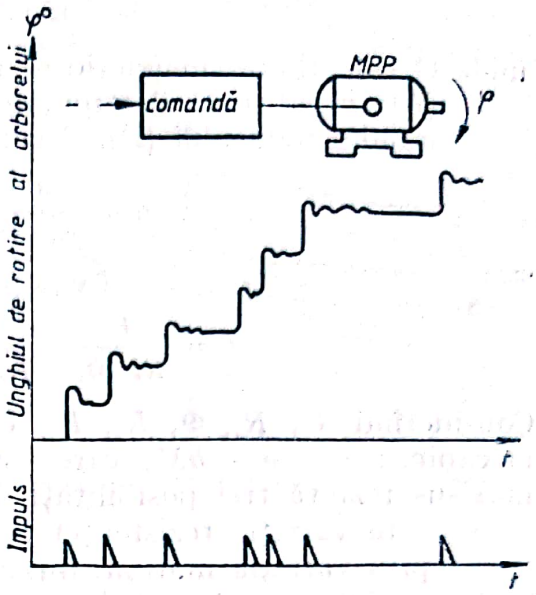


Fig. 3.121. Unghiul de rotație al arborelui motorului pas cu pas, funcție de impulsurile de comandă.

3.5.2.2. **Reglarea și exploatarea motoarelor.** Referiri privind reglarea și exploatarea motoarelor de c.a. și pas cu pas au fost făcute mai sus. În continuare se va insista asupra reglării motoarelor de c.a.

3.5.2.2.1. *Motoarele de c.a. cu excitație în derivație* (fig. 3.122) sînt frecvent utilizate la mașini-unelte datorită rigidității caracteristicilor lor mecanice (a dependenței turațiilor în raport de cuplul rezistent $M = f(n)$). Gradul de rigiditate se exprimă prin:

$$\delta = \frac{\Delta n_n}{n_n} \cdot 100 \ (\%), \qquad (3.106)$$

unde $\Delta n_n = n_o - n_n$; n_0 — turația de mers în gol ($M = 0$); n_n — turația nominală sub sarcină ($M = M_n$).

Ecuațiile de funcționare se deduc din relațiile:

$$M = K_m \cdot \Phi \cdot I_a \qquad (3.107)$$

$$E = K_e \cdot \Phi \cdot n. \qquad (3.108)$$

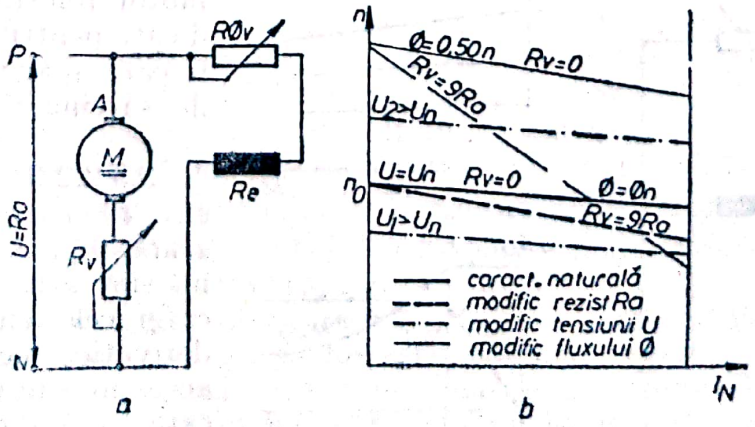


Fig. 3.122. Motor de c.c. cu excitație în derivație.

$$E = U - I_a \cdot R_a, \tag{3.109}$$

unde Ø este fluxul magnetic al motorului (V.s); I_a — curentul în indus (A); E — forța electromotoare din indus (V); R_a — rezistența bobinajului indusului (Ω), deci:

$$n = \frac{U}{K_e \cdot Ø} - \frac{R_a}{K_e \cdot K_m \cdot Ø} \cdot M \tag{3.110}$$

sau

$$n = \frac{U}{K_e \cdot Ø} - \frac{R_a}{K_e \cdot Ø} \cdot I_a = \frac{U - R_a \cdot I_a}{K_e \cdot Ø}. \tag{3.111}$$

Considerînd U, R_a, Φ, K_e, K_m constante, rezultă ecuația caracteristicii mecanice: $n = a - bM$, care este ecuația unei drepte. Din relațiile de mai sus rezultă trei posibilități de reglare a turației:

— prin variația rezistenței R_v, legată în serie cu rezistența R_a;

— prin variația mărimii fluxului Φ (prin reglarea rezistenței suplimentare variabile $R_{Øv}$ legată în serie cu rezistența de excitație R_e, ceea ce duce la micșorarea curentului de excitație și implicit al fluxului);

— prin variația tensiunii de alimentare U.

3.5.2.2.2. *Motoarele de c.c. cu excitație în serie*, (fig. 3.123) se utilizează la mașini-unelte mai rar datorită rigidității mai scăzute a caracteristicilor mecanice, care este o hiperbolă echilaterală. Aici turația motorului este dată de relația:

$$n = \frac{U}{K_e \cdot Ø} - \frac{R_e + R_v + R_a}{K_m \cdot Ø} \cdot I_a, \tag{3.112}$$

unde fluxul Φ variază cu sarcina (deci cu I_a), datorită faptului că ambele înfășurări ale motorului sînt străbătute de curentul I_a. Datorită rigidității mai scăzute a caracteristicii acestui motor folosirea lui este indicată pentru mașini-unelte la care apar variații brusce de sarcină.

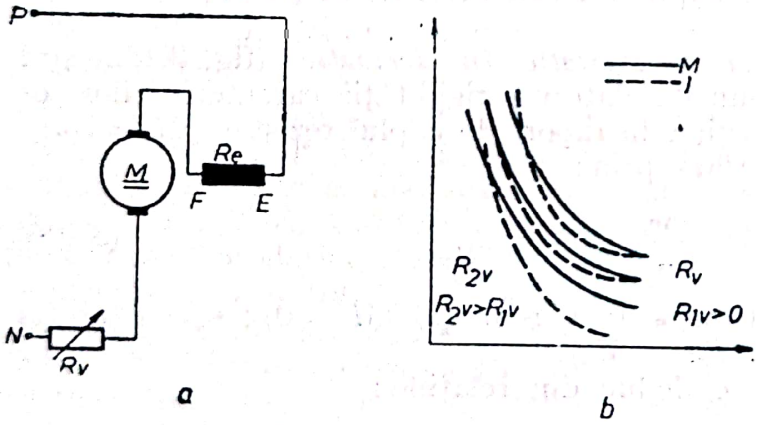


Fig. 3.123. Motor de c.c. cu excitație în serie.

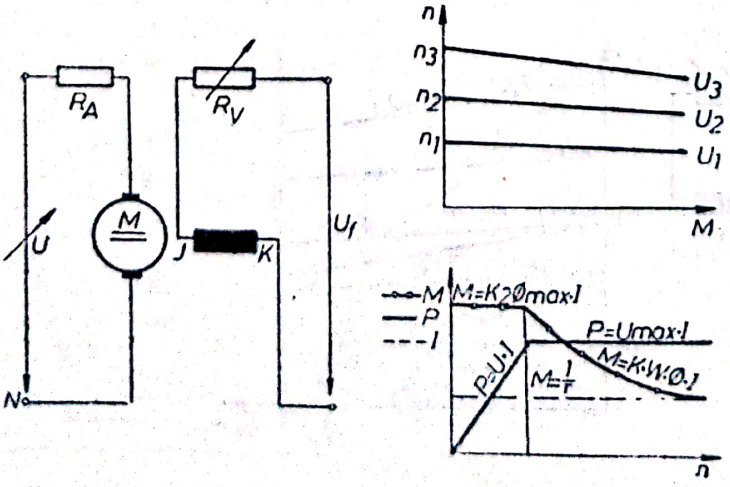


Fig. 3.124. Motor de c.c. cu excitație independentă.

3.5.2.2.3. *Motoarele de c.c. cu excitație independentă* (fig. 3.124). Acestea nu sînt atît de răspîndite ca și cele cu excitație în derivație; se folosesc la acele mașini-unelte pentru care se indică o funcționare la putere constantă.

Scanned with OKEN Scanner

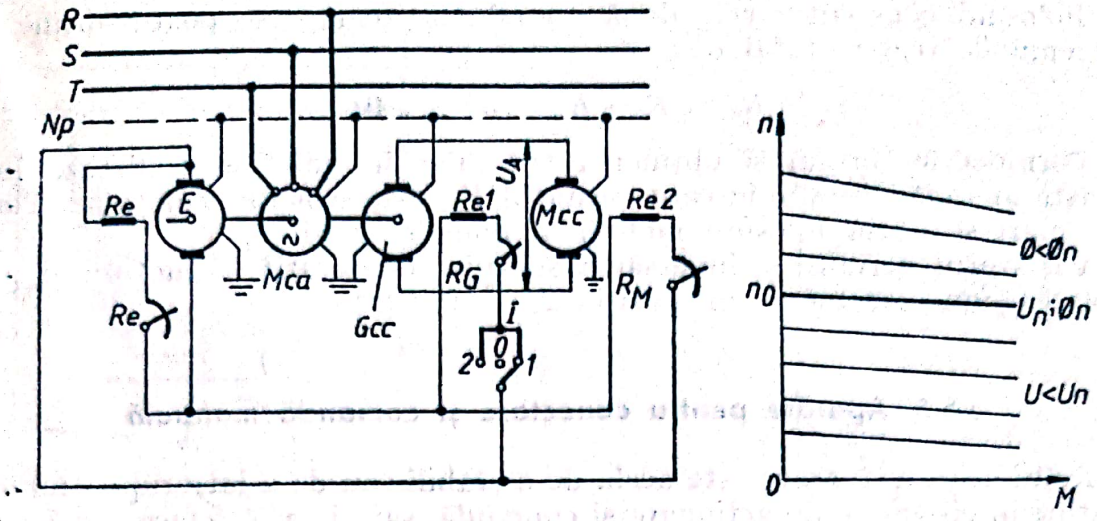


Fig. 3.125. Agregatul Ward-Leonard.

Aici se disting două zone de reglaj. În prima, prin reglarea tensiunii pînă la valoarea $U = U_{max}$, se realizează un reglaj de cuplu constant. În a doua, pentru turaţiile ridicate, prin modificarea fluxului realizează un reglaj de putere constantă.

3.5.2.2.4. *Variatorul generator-motor (agregatul Ward-Leonard)* (fig. 3.125). Agregatul este constituit din motorul de c.c. M_{cc} (cu excitaţie independentă), asociat cu grupul constituit din trei maşini electrice: motorul asincron trifazic M_{cA} care antrenează (pe acelaşi ax) generatorul de c.c. G_{cc} şi excitatricea E. Alimentarea lui M_{cc} cu tensiunea U_A se face de către G_{cc}. Modificarea turaţiei variatorului se poate realiza în două moduri:

— variind tensiunea de alimentare U_A furnizată de G_{cc};

— variind excitaţia (se modifică fluxul de excitaţie al lui M_{cc}). Modificarea tensiunii U_A se face prin variaţia fluxului de excitaţie al generatorului G_{cc}. Acesta se modifică prin reostatul R_G. Motorul M_{cc} lucrează în acest caz cu fluxul total şi invariabil (reostatul R_M este scos din funcţiune). Deoarece fluxul motorului rămîne constant, diferitelor tensiuni U_A le corespund caracteristici mecanice rectilinii dispuse una sub alta, paralele între ele, situate sub caracteristica naturală. Reglarea turaţiei pe această cale se poate face cel mult pînă la o turaţie minimă egală cu 10% din turaţia nominală. Domeniul maxim ce se poate obţine este $R'_n = 10$. La turaţii mai mici, şi implicit la tensiuni de alimentare U_A mai mici, turaţia motorului în sarcină scade relativ mult. Asemenea caracteristici trebuie evitate deoarece funcţionarea motorului devine instabilă.

Modificarea fluxului de excitaţie al motorului se face prin introducerea şi reglarea reostatului R_M. Prin aceasta se modifică rezistenţa de excitaţie şi implicit fluxul de excitaţie.

Caracteristicile astfel obţinute vor fi linii paralele dispuse deasupra caracteristicilor naturale. Panta lor este mai mare decît a caracteristicilor naturale. Datorită acestui fapt funcţionarea motorului devine instabilă pentru turaţii cu (3—4%) mai mari faţă de turaţia nominală. Domeniul de reglaj maxim ce se poate obţine prin această metodă este $R''_n = 3 \ldots 4$.

Folosind consecutiv cele două metode de reglare se poate obține un domeniu de reglare total de:

$$R_n = R'_n \cdot R''_n = 30 \ldots 40.$$

Pornirea motorului și obținerea turațiilor lui mici se realizează prin această metodă, situație în care reostatul R_M este scos din funcțiune. Turațiile mari se obțin folosind metoda a doua de reglare.

Variatorul permite și inversarea sensului de rotație al motorului prin cuplarea inversorului *I* în poziția *2*.

3.5.3. Aparate pentru conectare și comandă manuală

Rolul acestor aparate este acela de a stabili sau de a întrerupe anumite legături în circuitele de acționare și comandă, sau de a le reface după anumite necesități.

3.5.3.1. **Separatoarele.** Sînt aparate care închid sau deschid un circuit, cu un serviciu de funcționare de durată, și au capacitatea de rupere zero (deci nu se vor utiliza pentru decuplări în sarcină, nefiind prevăzute cu sisteme de stingere a arcului electric.)

3.5.3.2. **Întrerupătoarele cu pîrghie.** Se aseamănă constructiv cu separatoarele, fiind acționate prin intermediul unui mîner montat central sau lateral față de contactele mobile. Ele sînt prevăzute cu dispozitive de deplasare rapidă a contactelor mobile (arcuri), care împiedică apariția flamei. Frecvența lor de funcționare este relativ mică (zilnică).

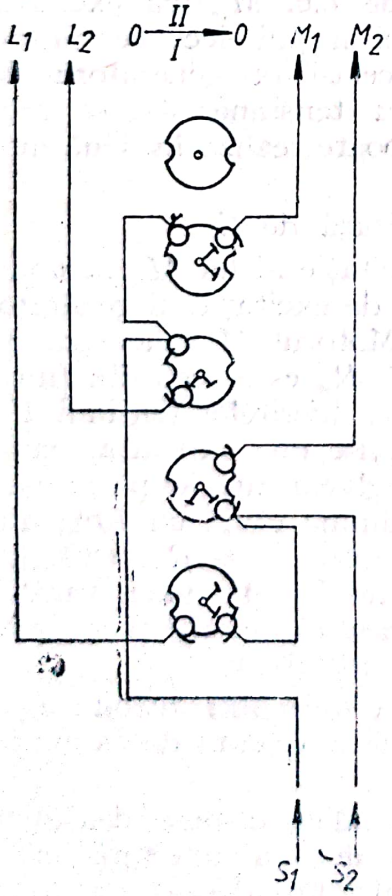


Fig. 3.126. Schemă de întrerupător pachet.

3.5.3.3. **Întrerupătoarele pachet.** Se compun dintr-un anumit număr de contacte monopolare rotative, comandate prin rotirea unui ax comun. Prin etajarea mai multor perechi de contacte fixe și mobile se pot realiza scheme variate de conectare. O astfel de schemă, cu cinci contacte mobile, este reprezentată în figura 3.126. Un exemplu frecvent de folosire a lor (fig. 3.127) este pentru schimbarea sensului de rotație a motoarelor electrice.

3.5.3.4. **Comutatoarele cu came** (fig. 3.128). Se utilizează în prezent tot mai frecvent, datorită gamei largi de posibilități de realizare a diverselor scheme electrice. În principiu un astfel de comutator se compune din trei părți distincte:

— dispozitivul de sacadare *1*, care permite trecerea camelor de pe o poziție pe alta, realizînd astfel atît pozițiile ferme de sacadare cît și pozițiile de revenire. Aceste poziții sînt la 45, 60, 90°, numărul lor variind între 2 și 6;

Scanned with OKEN Scanner

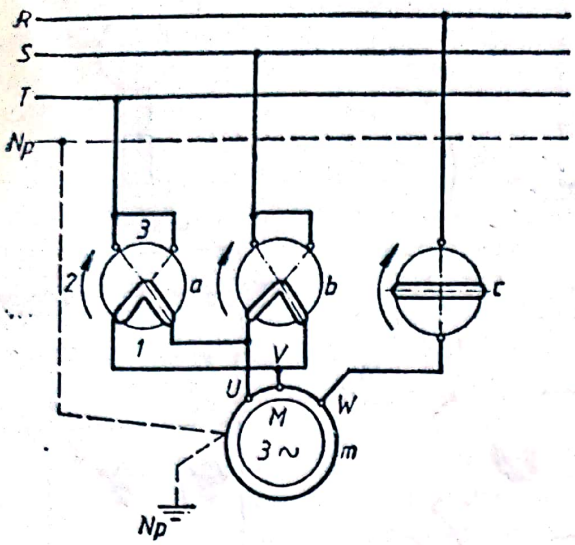


Fig. 3.127. Schemă de inversare a sensului de rotaţie a unui motor electric cu ajutorul întrerupătorului pachet.

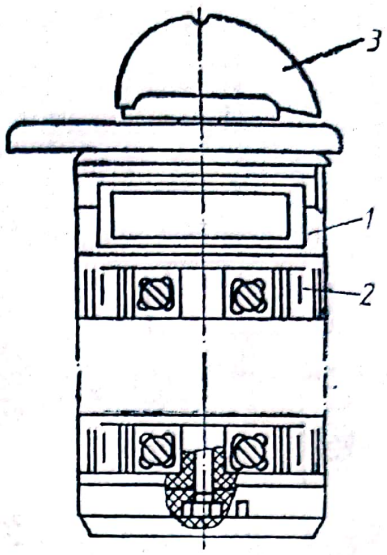


Fig. 3.128. Comutator cu came.

— plăcile de etaj *2* pe care sînt montate patru perechi de contacte (patru fixe şi patru mobile). Ele sînt montate suprapus, într-un număr care diferă de la un tip de comutator la altul;

— mînerul *3*, fixat pe axul comutatorului şi care acţionează camele de diverse profiluri. În practică se întîlnesc şi comutatoare specializate, destinate unei anumite funcţiuni, cum ar fi comutatoarele stea-triunghi şi inversoarele de sens.

3.5.3.5. **Butoanele de comandă.** Sînt destinate comenzii de la distanţă, în special a contactoarelor şi releelor intermediare. Ele pot avea două butoane care închid sau deschid contacte normal închise sau deschise, sau unul singur (fig. 3.129). Acestea din urmă au atît contacte *ND* cît şi *NI*, putînd fi astfel folosite ca butoane de pornire sau/şi ca butoane de oprire.

Butoanele de comandă pot fi cu revenire sau cu reţinere (care rămîn în poziţia comandată şi după încetarea comenzii).

3.5.3.6. **Cheile de comandă.** Se folosesc acolo unde funcţionarea unui agregat sau a unei maşini-unelte într-un anumit regim este periculoasă sau nu este permis să fie modificată. În figura 3.130 este arătată o astfel de cheie cu trei poziţii şi diagrama de închidere a contactelor. Cheia reprezentată are opt perechi de contacte (există şi cu patru perechi), care sînt montate pe socluri de bachelită, şi un mecanism de acţionare a contactelor mobile. Ea poate fi utilizată pînă la 2A (380 V c.a.). Manevrarea se poate face numai prin introducerea unei chei yalle, iar contactele rămîn blocate în poziţia acţionată şi după scoaterea cheii.

3.5.3.7. **Manipulatoarele.** Se utilizează în instalaţiile de comandă şi automatizare. Ele au specific elementul prin intermediul căruia se acţionează asupra contactelor mobile (o manetă care se termină cu o sferă).

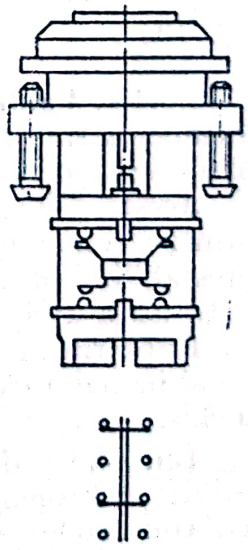


Fig. 3.129. Buton de comandă.

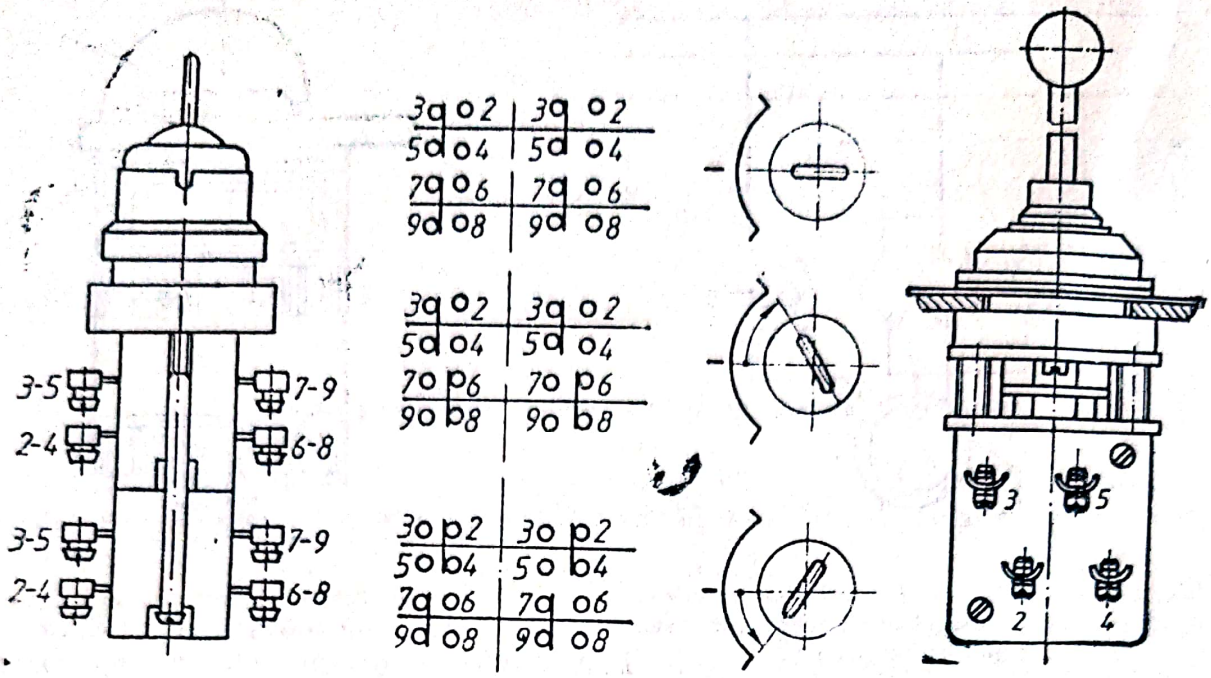


Fig. 3.130. Cheie de comandă.

Fig. 3.131. Manipulator.

Dacă maneta rămîne în poziţia acţionată şi după încetarea comenzii, aparatul este cu poziţie reţinută. În figura 3.131 este reprezentat un manipulator cu patru poziţii nereţinute. Pentru unele manipulatoare este suficientă înclinarea manetei în direcţia şi sensul dorit, iar pentru altele este necesară o apăsare şi o tragere a manetei înainte de a o înclina. La fel ca şi cheile de comandă, manipulatoarele se folosesc pentru curenţi pînă la 2A şi tensiuni pînă la 380 V c.a., respectiv 220 V c.c.

3.5.4. Aparate pentru telecomandă şi automatizări

Aceste aparate execută în mod automat anumite operaţii pe baza unor comenzi. Fiecare aparat din această categorie înlocuieşte unul sau mai multe aparate manuale şi permite comanda de la distanţă a acţionărilor electrice.

3.5.4.1. **Contactoare şi ruptoare.** Contactorul este destinat să producă închiderea sau deschiderea unui circuit electric, elementele lui mobile avînd o singură poziţie staţionară şi anume în circuit deschis.

Acestea sînt deplasate din poziţia staţionară, deci închid circuitul, printr-o comandă externă, provocată de realizarea normală a unor condiţii prestabilite în funcţionarea instalaţiei, fiind menţinute în poziţia comandată atîta timp cît durează aceste condiţii.

Ruptorul are o construcţie similară, deosebirea faţă de contactor constînd în aceea că poziţia staţionară a elementelor sale mobile este în circuit închis.

Din punct de vedere a acţionării, contactoarele se împart în:

— electromagnetice, bobina de acţionare fiind alimentată atît timp cît contactele principale trebuie să fie conectate;

— pneumatice, acţionate de un motor pneumatic cu piston;

— mecanice, cu camă sau pîrghii.

Scanned with OKEN Scanner

În acționarea electrică a mașinilor-unelte se utilizează contactoarele cu acționare electromagnetică, avînd contactele în aer sau în ulei. Ele se compun din sistemul de contacte principale, a căror poziție este normal deschisă, montate în circuitul de acționare și din contactele auxiliare de autoblocare a căror poziție poate fi normal deschisă și/sau normal închisă, montate în circuitul de comandă (fig. 3.132). Aparatul de comandă a contactorului, electromagnetul, are o armătură mobilă de care este solidarizată tija pe care se găsesc montate contactele. Prin aceasta se vor schimba pozițiile contactelor; cele închise se vor deschide, iar cele deschise se vor închide.

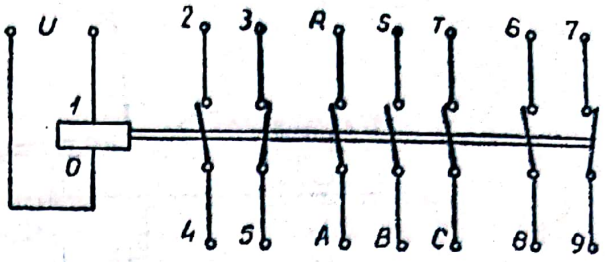


Fig. 3.132. Schemă de contactor.

Electromagnetul de acționare poate fi de curent continuu sau de curent alternativ monofazat (cel mai utilizat). În cazul celor de c.c. este nevoie de redresare. Contactoarele de c.c. permit 30—50 milioane de conectări, iar cele de c.a. 10—20 milioane de conectări (150—600 conectări pe oră).

Contactoarele de comandă (fig. 3.133) se aseamănă cu contactoarele de forță descrise mai sus (și la care curenții pot varia între 6 și 400 A), dar se construiesc numai pentru un curent nominal de 6 A. Combinația de contacte este înscrisă pe etichetă sub forma unui indicativ alcătuit din două cifre, prima reprezentînd numărul de contacte *ND*, iar a doua pe cele *NI*.

Releele intermediare sînt elemente care se intercalează între elementul primar de comandă (microîntreruptor, limitator de cursă) și elementul comandat (contactor, motor de putere redusă) atunci cînd acesta din urmă absoarbe o putere relativ mare.

Cel mai utilizat releu intermediar în țara noastră este cel de tip *RI*-3. El poate avea 4,6 sau 8 contacte cu rupere dublă. Numărul maxim de contacte *NI* este patru.

Un aparat mai complex este contactorul cu releu termic (fig. 3.134). Legăturile *a* și *b* (linie-punct), sînt valabile numai dacă tensiunea de alimentare a bobinei contactorului este egală cu tensiunea între faze. Pentru comanda de la distanță se desface legătura *c* și se fac legăturile notate cu *d* (linie întreruptă). Releul termic este prevăzut cu un buton de rearmare *BR*, accesibil din exterior.

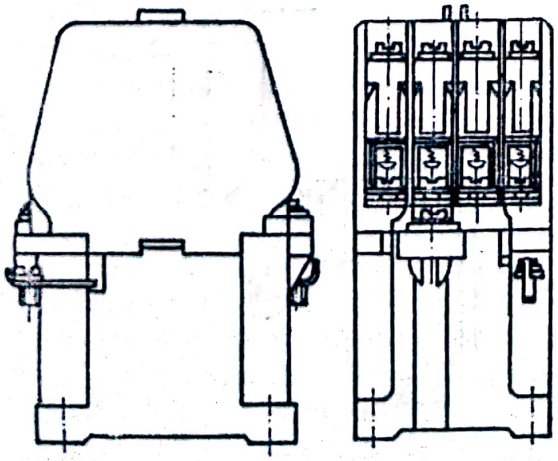


Fig. 3.133. Contactor de comandă.

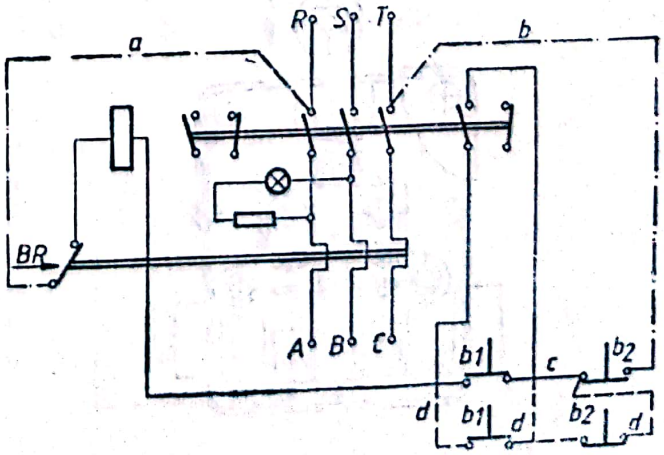


Fig. 3.134. Schemă de releu termic.

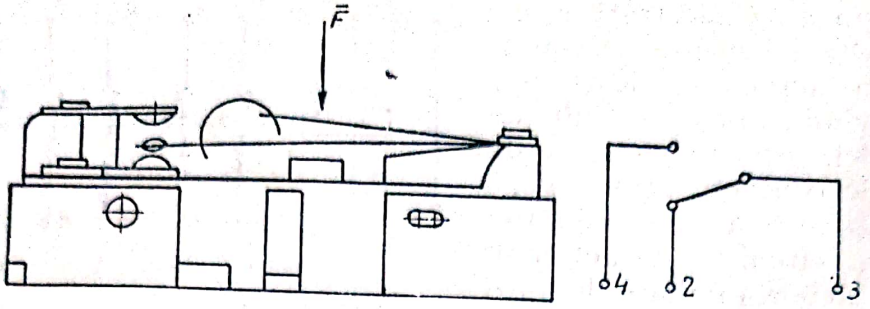


Fig. 3.135. Microîntrerupător.

Aparate pentru automatizări. În această categorie intră o serie de aparate specifice schemelor electrice destinate automatizării unui ciclu de lucru, precum şi aparate cu posibilităţi mai largi de utilizare. Aparatele specifice schemelor de comandă automată sînt limitatoarele de cursă, microîntreruptoarele, releele de timp etc.

Microîntreruptoarele (fig. 3.135) sînt elemente foarte des utilizate în schemele de automatizare datorită dimensiunii lor mici (adesea sub 20×15×6 mm), vitezei mari de răspuns la comanda primită, numărului mare de manevrări sub sarcină (5 ... 10 milioane), cursei mici a elementului mobil (0,2 ... 1,5 mm), forţei mici de acţionare (0,5 ... 3,7 N), ş.a.m.d. Ele suportă curenţi nominali de 2 ... 8 A, la tensiuni de 125, 220, 380 V c.a., sau 48, 110 V c.c.

Limitatoarele de cursă, modifică starea unor contacte atunci cînd organul de lucru al maşinii trece prin punctele unde ele sînt fixate. Ele pot fi cu contact mobil (fig. 3.136), avînd un contact (*NI* sau *ND*) sau două contacte (*NI* sau *ND*), ori un microîntreruptor încorporat. Dacă viteza de deplasare a organului care acţionează nu influenţează viteza de comutare a contactelor, limitatorul este cu acţiune instantanee. Toate limitatoarele care au încorporate microîntreruptoare sînt cu acţiune instantanee (fig. 3.137). Microîntreruptoarele încorporate pot fi cu tije de acţionare sau cu pîrghii de acţionare (fig. 3.138).

Releele de timp asigură temporizarea necesară pentru întîrzierea conectării sau deconectării diferitelor aparate, realizarea pauzelor tehnologice etc. Pentru temporizările la acţionare este folosit releul *RTpa*-7 (fig. 3.139, *a*),

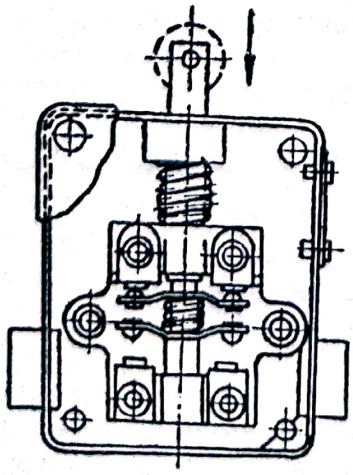


Fig. 3.136. Limitator de curse.

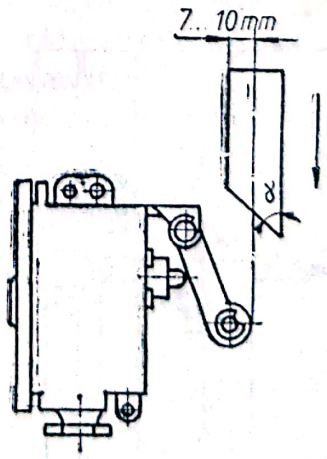


Fig. 3.137. Microîntrerupător cu acţiune instantanee.

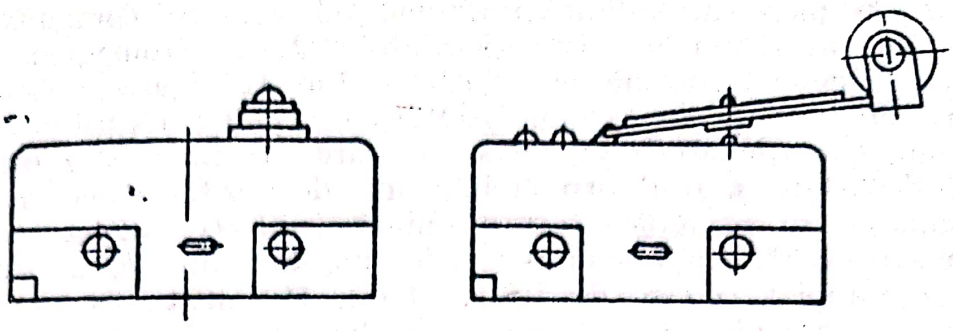


Fig. 3.138. Microîntrerupătoare cu tijă şi cu pîrghie de acţionare.

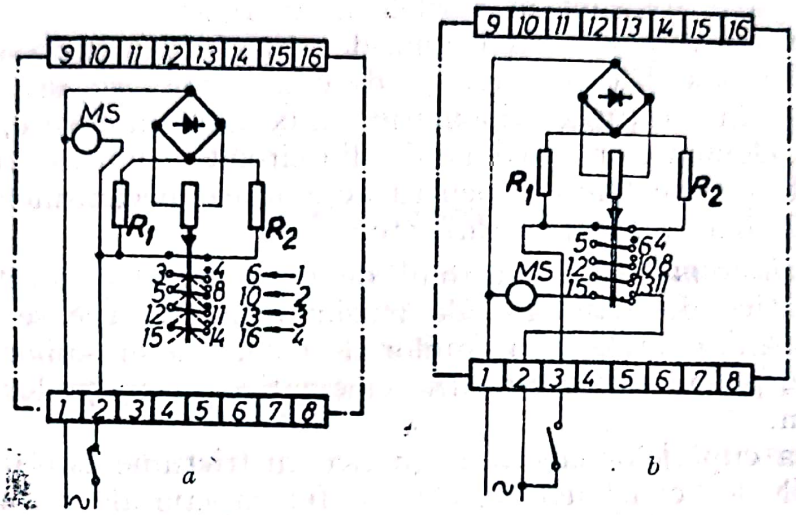


Fig. 3.139. Relee de timp.

iar pentru temporizările la revenire releul *RTpr*-7 (fig. 3.139, *b*). Aceste relee au ca bază de timp un motor asincron, asigurînd o reglabilitate în cadrul următoarelor limite: 0,3 ... 6s; 3 ... 60s; 0,3 ... 6 min; 3 ... 60 min; 0,3 ... 6 ore. Tensiunile nominale: 24; 110; şi 220 V c.a.

3.5.5. Electromagneţi, cuplaje şi dispozitive de prindere electromagnetice

Electromagneţii (motoare electrice liniare) nu se folosesc în acţionarea lanţurilor cinematice principale ale maşinilor-unelte. Ei se utilizează frecvent pentru acţionarea mişcărilor auxiliare (cuplaje, frîne, mecanisme de fixare etc.), precum şi pentru acţionarea unui mare număr de aparate şi elemente de conectare.

Funcţionarea electromagneţilor se bazează pe forţa pe care o exercită un cîmp magnetic asupra unui corp cu proprietăţi feromagnetice.

Cîmpul magnetic este produs de o bobină străbătută de un curent electric. Schema principială a unui electromagnet este redată în figura 3.140. El se compune din miezul *1*, pe care se găsesc bobina *2* şi spira în scurtcircuit *3*. Armătura

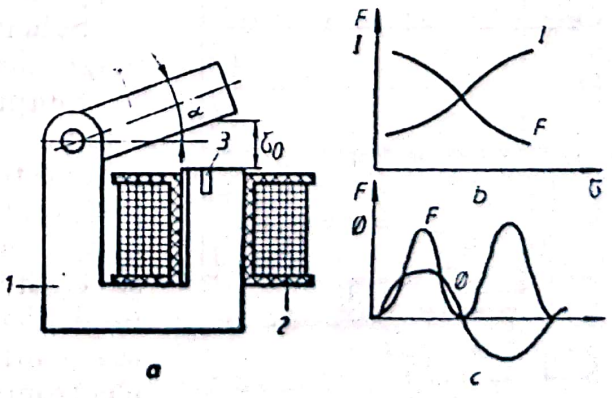


Fig. 3.140. Schema unui electromagnet.

mobilă *4* este piesa care asigură tracțiunea elementului comandat. După cum se vede în figura *b*, forța dezvoltată de electromagnet nu este constantă, ci depinde de mărimea întrefierului. În figura *c* este redată diagrama de variație a fluxului. Mărimea caracteristică a electromagnetului de acționare este forța pe care acesta o dezvoltă la o anumită depărtare a armăturii mobile față de poziția atrasă a acesteia. Se obișnuiește să se indice forța minimă a electromagnetului pentru depărtarea maximă. După cum se vede din diagrama *b*, această forță în poziția apropiată crește de 1,5 ... 3 ori. De menționat că diagrama forță-cursă, se consideră la o tensiune de alimentare de numai 0,85% din tensiunea nominală a electromagnetului, pentru a ține cont de căderile de tensiune care apar frecvent în rețelele industriale.

Din punct de vedere al tensiunii de alimentare, electromagneții pot fi de c.c. sau de c.a. Electromagneții de c.a. se folosesc des în acționarea mecanismelor din lanțurile cinematice auxiliare (indexare, alimentare, fixare etc.), a elementelor de comandă din circuitele hidrostatice etc. Electromagneții de c.c. se folosesc pentru acționarea mecanismelor din lanțul cinematic principal (cuplaje, frîne etc.).

Cuplajele electromagnetice au rolul de elemente de conectare ale lanțurilor cinematice de acționare ale mașinilor-unelte. Ele se utilizează în acționarea mașinilor grele, a mașinilor de copiat, a mașinilor automate și semiautomate, precum și în lanțurile cinematice ale mașinilor cu comandă după program.

Construcția cuplajelor electromagnetice cu fricțiune este diversă. După particularitățile lor constructive, ele pot fi: cuplaje ale căror discuri sînt cuprinse în circuitul magnetic și cuplaje cu acționare indirectă. În figura 3.141 este redată schema principială a unui cuplaj electromagnetic, cu lamelele de fricțiune străbătute de fluxul magnetic, utilizat la strungurile revolver.

Dispozitive de prindere electromagnetice. Unul dintre dispozitivele cele mai răspîndite la prinderea pieselor de prelucrat pe mașini de rectificat este masa electromagnetică. Principalul avantaj este precizia mare de așezare ca urmare a faptului că suprafața de așezare este în același timp și de prindere, ceea ce duce la eliminarea unor erori importante. Dintre dezavantajele cele mai importante trebuie menționate: forța de strîngere relativ mică, pericolul de distrugere a piesei și chiar a sculei la întreruperea alimentării bobinei electromagnetice și în fine faptul că nu pot fi fixate decît piese din aliaje feromagnetice.

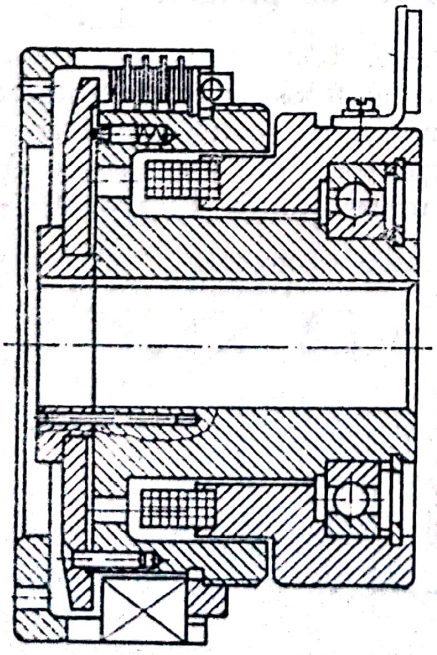


Fig. 3.141. Cuplaj electromagnetic.

Schematic, construcția unei mese feromagnetice este arătată în figura 3.142, *a*. Ea se compune dintr-un corp în care se găsesc bobinele *6* pe miezurile *2*. Circuitul magnetic este închis de capacul *3*. În acesta sînt prelucrate degajări în care pătrund miezurile bobinelor. Spațiul dintre miezurile bobinelor și capac formează întrefierul *5*. Pentru a împiedica pătrunderea lichidului de răcire, sau a oricărui corp străin, în interiorul mesei electromagnetice, în scopul protejării întrefierului și a bobinelor, spațiul întrefierului

Scanned with OKEN Scanner

se umple cu un aliaj cu permeabilitate magnetică relativă apropiată de cea a aerului (de exemplu alamă). Bobinele se vor alimenta în așa fel încît miezurile *2* să constituie același pol. Polul opus va fi evident capacul *3*. În momentul în care piesa *7* se așază pe capacul *3*, forța de prindere va fi cu atît mai mare cu cît va acoperi mai multe perechi de poli. În figura 3.142, *b* se reprezintă un platou „cu papuci", destinat rectificării inelelor de rulmenți.

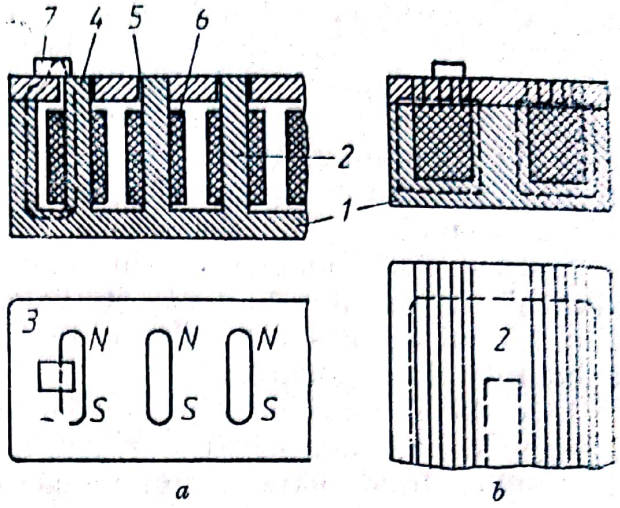


Fig. 3.142. Schema de mase electromagnetice.

3.5.6. Aparate pentru protecție

Legislația în vigoare impune proiectanților de mașini-unelte și persoanelor care le exploatează, să ia măsurile corespunzătoare pentru a evita producerea accidentelor de muncă. Condițiile tehnice de legare la pămînt a instalațiilor electrice sub 1000 V, sînt indicate în STAS 6119-59, iar cele de legare la nul în STAS 6612-62.

În componența instalației electrice a fiecărei mașini-unelte se găsesc și aparate de protecție. Acestea sînt: siguranțele fuzibile, releele termice și releele electromagnetice. Releele termice sînt utilizate pentru protecția împotriva suprasarcinilor de durată, iar celelalte două pentru protecția împotriva curenților de scurtcircuit.

3.5.6.1. **Siguranțele fuzibile.** Ele sînt cele mai cunoscute și mai utilizate elemente de protecție și se bazează pe fenomenul de transformare a energiei electrice în energie calorică. Astfel, peste o anumită valoare a intensității curentului, metalul elementului fuzibil se topește și circuitul respectiv se deschide. Datorită posibilității de formare a arcului electric, care să continuie conducția, în momentul arderii siguranței se iau măsuri speciale. Astfel, din punct de vedere constructiv, siguranțele pot fi deschise (la care arcul se rupe în aer liber) sau închise (la care arcul se rupe în alt mediu). Elementele componente ale siguranței se confecționează conform STAS 4173-72.

3.5.6.2. **Releele termice și electromagnetice.** Releele termice au la bază fenomenul de dilatare termică a unei lamele bimetalice care se încălzește ca urmare a trecerii unui curent electric prin conductorul bobinat pe aceasta. După cum rezultă din figura 3.143, lamela *b* se dilată mai mult decît lamela *a*, astfel că bimetalul se curbează, deplasarea Δl depinzînd de va-

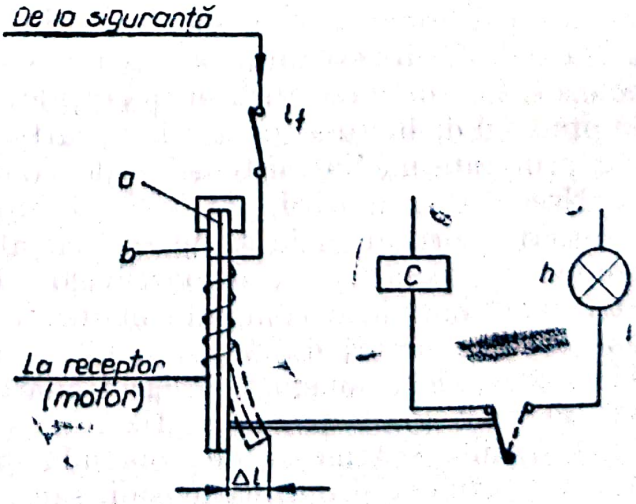


Fig. 3.143. Schemă de releu termic.

Scanned with OKEN Scanner

loarea curentului I_r. La o anumită valoare a curentului I_r deplasarea este suficient de mare pentru a se acționa asupra propriului contact NI aflat în circuitul de alimentare a bobinei contactorului C. Decuplînd, acesta își va deschide contactul C înseriat cu bobina de pe bimetal, receptorul fiind scos din funcțiune. În același timp se închide contactul ND al releului termic care, prin intermediul lămpii de semnalizare, va confirma funcționarea releului.

Releele electromagnetice sînt constituite dintr-un electromagnet care, în cazul în care curentul depășește valoarea la care a fost reglat, va acționa asupra unui zăvor sau a unui contact mobil aflat în circuitul de comandă a bobinei de acționare.

Cele două tipuri de relee se reglează astfel:

— releul termic, pentru curentul nominal al motorului, deoarece inerția lui termică fiind mare, el nu va acționa la curentul de pornire (6 ... 8 ori I_n);

— releul electromagnetic, pentru curenți mai mari decît cei de pornire (I_{sc}). Prin cuplarea celor două relee se realizează o protecție deplină.

3.5.6.3. **Sisteme de semnalizare.** Ele se folosesc pentru a pune în evidență dacă anumite circuite sînt sau nu sub tensiune, sau pentru semnalarea circuitelor defecte.

Aparatele folosite sînt lămpile și lupele de semnalizare. Lămpile pot fi alimentate direct de la rețea sau prin intermediul unui transformator. Dispersoarele lămpilor sînt de diferite culori (cfm. STAS 8138/1—76), asigurîndu-se astfel selectivitatea semnalizării.

4.

SISTEMELE DE COMANDĂ ȘI DE CONDUCERE AUTOMATĂ A MAȘINILOR-UNELTE, EXPLOATAREA LOR

Sistemele de comandă și de conducere au constituit în permanență una dintre caracteristicile de bază ale performanțelor mașinilor-unelte, ca utilaj de prelucrare a pieselor prin așchiere. Mașinile-unelte trebuie să asigure desfășurarea unui proces tehnologic care să realizeze produsul preconizat. Coordonarea tuturor operațiilor și a fazelor legate direct de mașină în procesul de lucru — cu sau fără participarea directă a muncitorului — are loc prin intermediul sistemelor de comandă și de conducere.

Necesitatea măririi preciziei, a productivității prelucrării pieselor, a reducerii efortului fizic și intelectual al muncitorului, au determinat perfecționarea continuă a dispozitivelor de comandă a mașinilor-unelte de la forma simplă cu comandă manuală, la cea complexă, automatizată — comanda numerică după program — care utilizează elemente cu acționare hidraulică, electromagnetică, electronică, pneumatică etc., formînd sisteme cu un înalt grad de automatizare și precizie de funcționare.

Funcțiile sistemelor de comandă și de conducere a mașinilor-unelte pot fi: pornirea și oprirea mașinii sau a unei părți a mașinii; modificarea valorii turațiilor sau a vitezelor de așchiere și de avans; limitarea sau determi-

Scanned with OKEN Scanner

narea valorii și direcției de deplasare a unor ansamble ale mașinii; succesiunea sau corelarea intrării în acțiune a unor elemente sau ansamble ale mașinii; selectarea și condiționarea succesiunii de intrare în regim de lucru al sculelor etc.

Sistemul pentru comanda și conducerea mașinilor-unelte cuprinde elemente de comandă sau generatoare de semnale, elemente de amplificare și de transfer a semnalelor și elemente de execuție, constituite într-un circuit unitar.

Elementele de comandă pot fi manuale (butoane, manivele, pîrghii, roți de mînă) și automate (mecanice, electrice, hidraulice, pneumatice, combinate).

Elementele de transfer a semnalelor pot fi: mecanice, hidraulice, pneumatice, electrice, electronice, combinate etc.

Elementele de execuție pot fi: mecanice, hidraulice, pneumatice, electrice și combinate.

4.1. SISTEME CU ELEMENTE DE COMANDĂ MANUALĂ

Sistemele de comandă neautomatizate care deservesc încă în prezent comanda mașinilor-unelte, aplică cu succes dispozitivele mecanice acționate manual.

Mișcarea necesară acționării elementelor de comandă manuală, este în majoritatea cazurilor circulară: rotirea manetelor, a roților manuale, a manetelor încrucișate cu cap sferic etc. În schimb, deplasarea elementului sau a subansamblului comandat este în general rectilinie.

Pentru transformarea mișcării circulare (sau rectilinii) de comandă în mișcare rectilinie (sau circulară) de acționare sînt utilizate diferite mecanisme de transfer ca: transmisii cu pîrghii, cu cremalieră, cu șurub, cu came, cu culise etc. formînd circuitul de comandă.

Dispozitivele astfel constituite pot fi: cu manetă și furcă cu acționare manuală, cu comandă centralizată cu selectare sau preselectare a turațiilor și combinate.

Dispozitivele cu manetă și furcă de acționare sînt aplicate în principal la variatoarele cu reglare în trepte a turațiilor, necesare mișcării principale sau de avans a mașinilor-unelte. Amplasarea acestor manete trebuie să fie ergonomică, poziția lor de comandă să fie ușor memorizabilă, iar circuitul de comandă să includă mecanisme de transfer simple.

Dispozitivele de comandă cu selectare sau cu preselectare reprezintă o fază superioară de dezvoltare tehnică a sistemelor de comandă. Caracteristic la aceste sisteme de comandă este faptul că turația sau avansul dorit la faza următoare de lucru a mașinii se poate preselecta (cu ajutorul unor mecanisme speciale) în timpul desfășurării fazei curente de lucru, iar schimbarea valorii lor are loc prin aplicarea impulsului de comandă asupra unui singur element de comandă (manetă, pîrghie, buton etc.). Astfel se obține o reducere substanțială a timpului auxiliar de reglare (timpul de reglare suprapunîndu-se peste timpul de lucru), iar comanda se face de fiecare dată cu aceeași mișcare aplicată asupra aceluiași element de comandă, care poate în același timp opri, respectiv porni lanțul cinematic reglat.

Dispozitivele de comandă cu selectare sau preselectare pot fi: mecanice, hidraulice, electrice și combinate.

Scanned with OKEN Scanner

Dispozitivele mecanice de comandă cu selectare sau preselectare se compun din două părți principale: dispozitivul de selectare propriu-zis și elementul de comandă, cu toate mecanismele de acționare.

Construcția dispozitivelor mecanice prezintă o mare varietate de soluții, utilizînd diferite mecanisme de acționare, dintre care mai frecvent se utilizează acelea care au ca preselector tambur cu came sau discuri cu orificii.

În figura 4.1 este reprezentat un dispozitiv mecanic cu discuri de preselectare.

Faza de selectare a turației sau a avansului are loc pentru poziția pîrghiei *28* rotită în poziție limită în sensul indicat de săgeata *a* (fig. 4.1). În această poziție a dispozitivului, se rotește discul indicator *1* pînă la poziția în care în dreptul reperului *R* apare numărul care indică turația de ieșire dorită pentru faza următoare de lucru. În același timp cu arborele *6*, roțile dințate *8*, *10* și arborele *9*, s-au rotit și discurile cu orificii *21*, *22* în poziția corespunzătoare preselectării.

Pentru efectuarea comenzii noii conexiuni cinematice — în fază oprită a angrenajelor — se rotește pîrghia *28* în sensul indicat de săgeata *b* și astfel segmentul dințat *25* deplasează cremaliera *7*, pîrghia cu furcă *24*, manșonul *23* și discurile cu orificii *21*, *22* spre stînga (săgeata *c*). Tijele *20* (lucrează perechi) în funcție de faptul că în dreptul lor întîlnesc sau nu orifcii în discurile *21*, *22*, se vor deplasa într-un sens și altul, iar prin cremalierele *11*, respectiv *18*, vor roti pinionul *17*. Astfel se va roti și roata

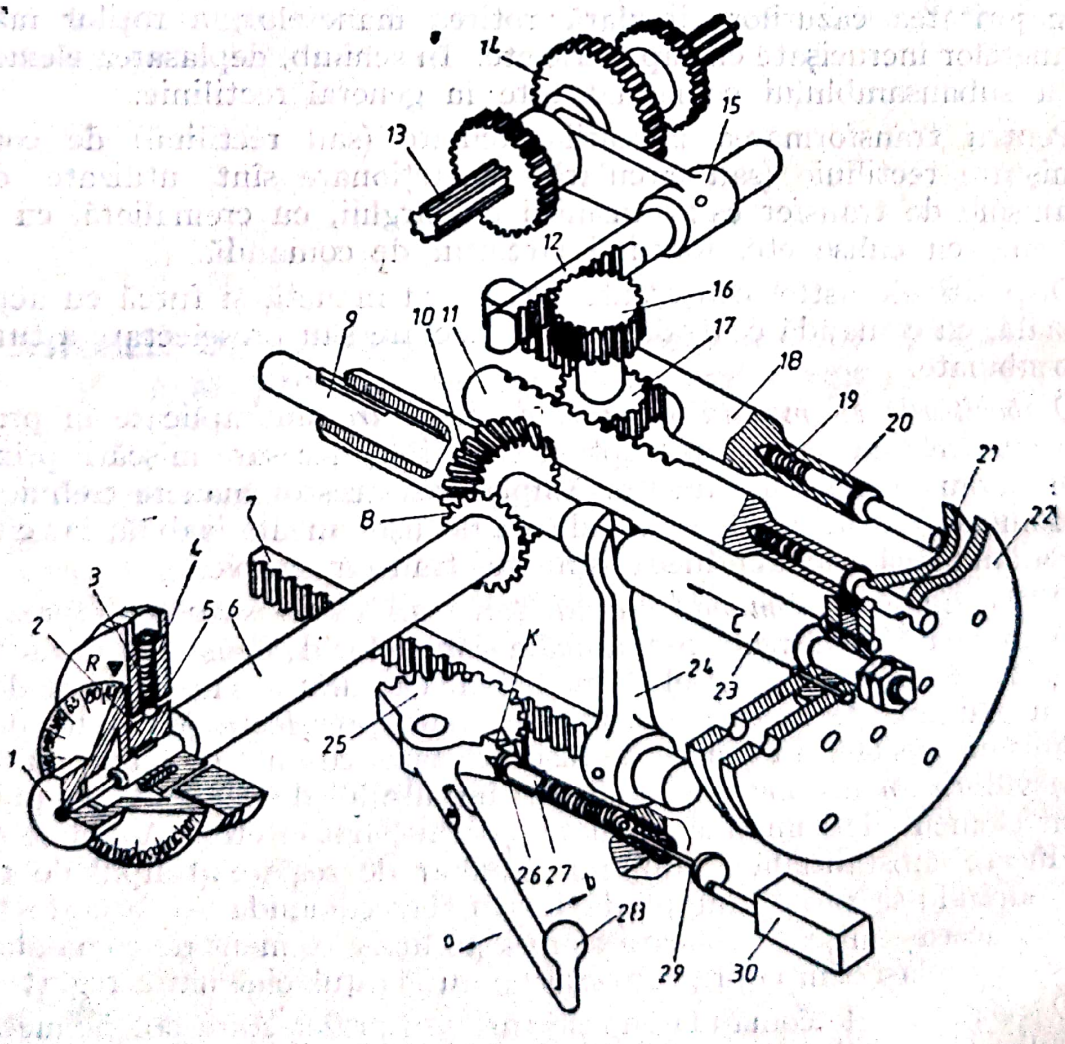


Fig. 4.1. Selector mecanic.

Scanned with OKEN Scanner

dințată *16*, care acționînd cremaliera *12*, deplasează furca *15* și prin aceasta blocul balador cu roți dințate *14* pe arborele *13*, în poziția dorită.

Cutiile de viteze și de avansuri în majoritatea cazurilor au mai multe blocuri baladoare de roți dințate în construcția lor, din care cauză construcția dispozitivului de comandă cu preselectare, se amplifică și devine complicată. De asemenea, din descrierea făcută, se observă că sistemele mecanice de comandă cu preselectare nu prezintă perspective deosebite de dezvoltare a gradului de automatizare a lor, fapt care nu a permis adaptarea lor pe scară largă în construcția de mașini-unelte.

În figura 4.2 este reprezentat un dispozitiv electrohidraulic de comandă cu preselectare, aplicat la cutiile de viteze sau de avansuri ale mașinilor-unelte.

Dispozitivele electrohidraulice fac parte din grupa dispozitivelor de comandă combinată. În circuitul lor de comandă sînt incluse atît dispozitive electrice (butoane, comutatoare, selectoare, electromagneți etc.), cît și dispozitive hidraulice (distribuitoare, servomotoare etc.).

Aceste dispozitive sînt preferate în sisteme complexe de comandă numerică după program, prezentînd avantajele însumate ale dispozitivelor electrice, respectiv hidraulice.

În construcțiile actuale de mașini-unelte, sistemul cel mai răspîndit de comandă este cel electrohidraulic, care permite realizarea celor mai complexe forme de automatizare și a circuitelor de comandă de puteri foarte variate.

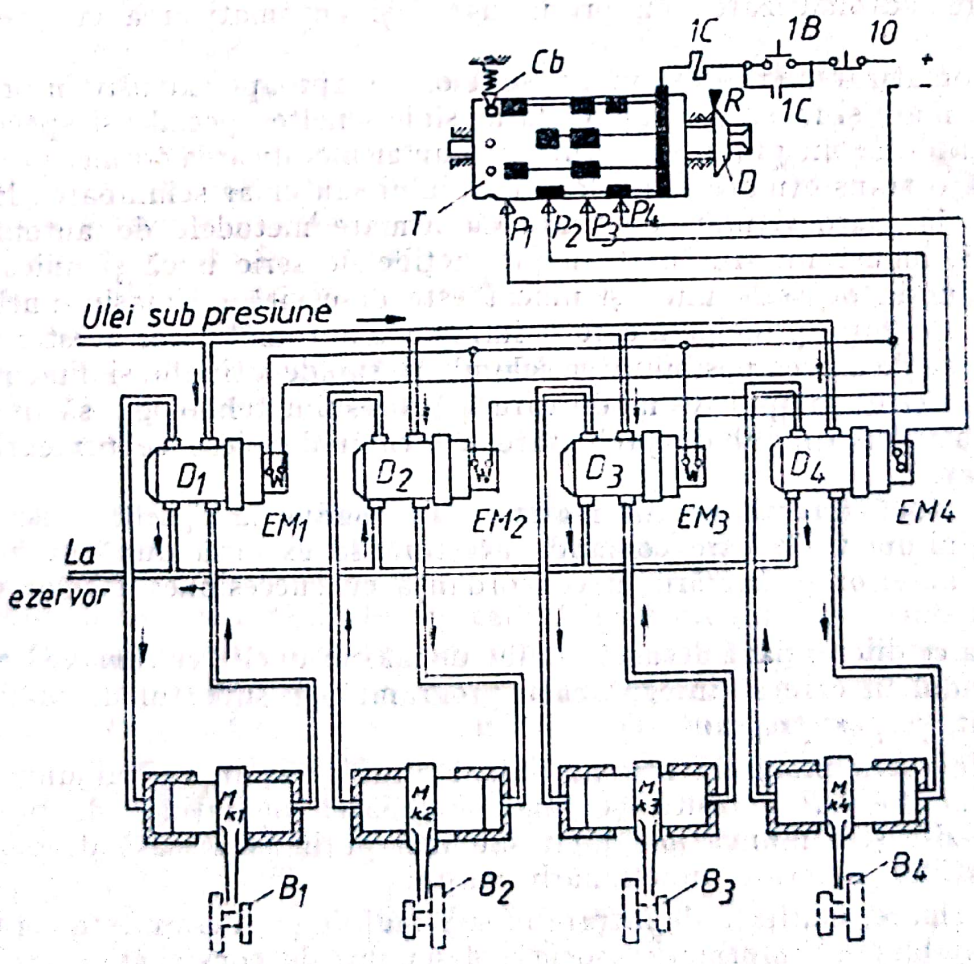


Fig. 4.2. Preselector electrohidraulic.

Preselectarea se face prin rotirea discului D în faţa reperului R, pînă în poziţia în care pe vizor apare valoarea dorită a turaţiei sau a avansului.

În această poziţie a discului D, fixat de tamburul comutator T, se aplică impulsul de comandă pe butonul 1 B, punînd astfel sub tensiune electromagneţii distribuitoarelor corespunzătoare EM_1, EM_2, EM_3 sau EM_4. Distribuitoarele comandate realizează legătura servomotoarelor MH_1, MH_2, MH_3 sau MH_4 cu sursa de ulei sub presiune. Servomotoarele respective deplasează blocurile baladoare de roţi dinţate în poziţiile cerute de lanţul cinematic pentru obţinerea valorii preselectate.

În cazul sistemelor de comandă numerică după program, distribuitoarele electrohidraulice sînt puse în acţiune conform programului înscris pe banda perforată.

4.2. COMANDA DUPĂ PROGRAM A MAŞINILOR-UNELTE

Maşinile-unelte, într-o mare varietate, se deosebesc după destinaţie, structură cinematică şi constructivă, dimensiuni, performanţe tehnologice, precizia prelucrării şi gradul de automatizare.

Din punctul de vedere al automatizării, caracteristica esenţială prin care se diferenţiază maşinile-unelte este gradul de universalitate. De acesta depinde modul şi forma concretă de realizare a automatizării maşinii-unelte respective. Astfel se pot pune în evidenţă două direcţii principale de automatizare : automatizarea cu profil îngust şi automatizarea cu profil larg [1].

Automatizarea cu profil îngust se foloseşte aproape exclusiv în producţia de serie mare şi masă şi se aplică la maşinile-unelte speciale şi specializate. Trecerea de la un produs la altul sau numai modificarea formei produsului necesită o transformare radicală a utilajului sau chiar schimbarea lui, ceea ce duce la pierderi mari de timp. Ca urmare metodele de automatizare cu profil îngust nu sînt utile în producţiile de serie mică şi unicat.

Producţia de serie mică şi unicat este deservită de maşini-unelte universale. Condiţia principală care se impune la automatizarea acestor maşini-unelte este de a avea posibilitatea schimbării rapide a tipului şi dimensiunilor piesei astfel ca timpul de modificare a procesului tehnologic să fie mic în comparaţie cu timpul de prelucrare a lotului de piese ce urmează a fi prelucrat.

Cele două direcţii în automatizare au condus la apariţia unei familii de maşini-unelte la care comanda acestora se execută după un program stabilit anterior prelucrării în concordanţă cu succesiunea fazelor de prelucrare.

Ceea ce diferenţiază această familie de maşini-unelte cu *comandă program* este modul în care se înregistrează programul pe suportul de programare denumit şi *port-program*.

Prelucrarea integrală sau parţială a unei piese în cadrul unui sistem de prelucrare SP necesită pe lîngă efectuarea operaţiilor de prelucrare propriu-zise şi o muncă mai mult sau mai puţin laborioasă de definire a informaţiilor necesare funcţionării maşinii.

Ca urmare, mărimea de intrare în sistemul de prelucrare este constituită de ansamblul de informaţii asociate desenului de construcţie a piesei Pi (piesă ideală), iar mărimea de ieşire din sistem este ansamblul informaţiilor

Scanned with OKEN Scanner

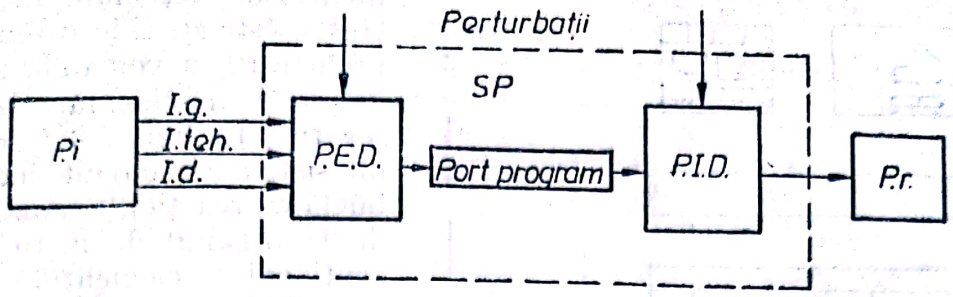


Fig. 4.3. Schema bloc a sistemului de prelucrare.

prin care se definesc proprietăţile fizico-mecanice ale piesei reale *Pr* (fig. 4.3). În cadrul informaţiilor de intrare în sistem se deosebesc, în principal, două categorii de informaţii : cu caracter geometric *I.g* (numite şi informaţii dimensionale) şi cu caracter tehnologic *I. teh.* (numite adimensionale). În afara acestora există şi o grupă relativ largă de informaţii diverse *I.d.* prin care se asigură anumite cerinţe legate de executarea corectă a fazelor de prelucrare. Prin astfel de informaţii se emit comenzi în legătură cu modul de funcţionare a echipamentului de comandă şi a maşinii-unelte. Ansamblul acestor informaţii de intrare în blocul sistemului de prelucrare servesc la alcătuirea programului de prelucrare şi la realizarea fizică a suportului port-program. Activitatea pe care o implică realizarea, în final, a port-programului se desfăşoară în afara procesului de prelucrare pe maşina-unealtă. Ca urmare totalitatea acestor preocupări şi acţiuni este cunoscută sub denumirea de *Prelucrarea externă a datelor PED* (Off Line Data Processing); prin date înţelegîndu-se toate informaţiile amintite anterior. Transformarea informaţiilor din suportul de programare în comenzi pentru maşina-unealtă, transformare efectuată de echipamentul de comandă cuplat la maşina-unealtă respectivă, poartă denumirea de *Prelucrarea internă a datelor PID* (On Line Data Processing). În legătură cu traseul urmat de informaţii în timpul prelucrării interne se impune precizarea că maşina-unealtă propriu-zisă nu trebuie inclusă în acest traseu. Rolul maşinii-unelte, din acest punct de vedere, se reduce la a primi comenzi pentru funcţionarea lanţurilor cinematice respective.

Afirmaţia anterioară are o totală acoperire în practică prin aceea că frecvent anumite sisteme de comandă se pot regăsi cuplate la diferite maşini-unelte.

Schema generală de prelucrare a informaţiilor în cadrul unui sistem de prelucrare cu comandă program pentru deplasări după două axe este indicată în figura 4.4.

Informaţiile materializate în cadrul port-programului sînt introduse în cadrul sistemului de prelucrare internă a datelor prin intermediul dispozitivului de introducere a informaţiilor *DII*. Aceste informaţii, citite de dispozitivul de citire *DCt*, sînt transmise decodificatorului sau convertorului *Dc*, *Cv* care are rolul de a decodifica (descifra) şi converti informaţiile de lucru din limbajul de programare în comenzi de comutaţie (de tipul pornit-oprit, cuplat-decuplat etc.) şi de deplasare compatibile cu „limbajul intern a maşinii-unelte".

Informaţiile astfel prelucrate sînt transmise, într-un timp scurt, memoriei a cărui rol este de „depozitare" intermediară, consumarea lor făcîndu-se în timp pe măsura funcţionării maşinii-unelte. Informaţiile, pe traseul lor la organul de lucru al maşinii *OLM*, trec prin comparator *Cp* la ele-

Scanned with OKEN Scanner

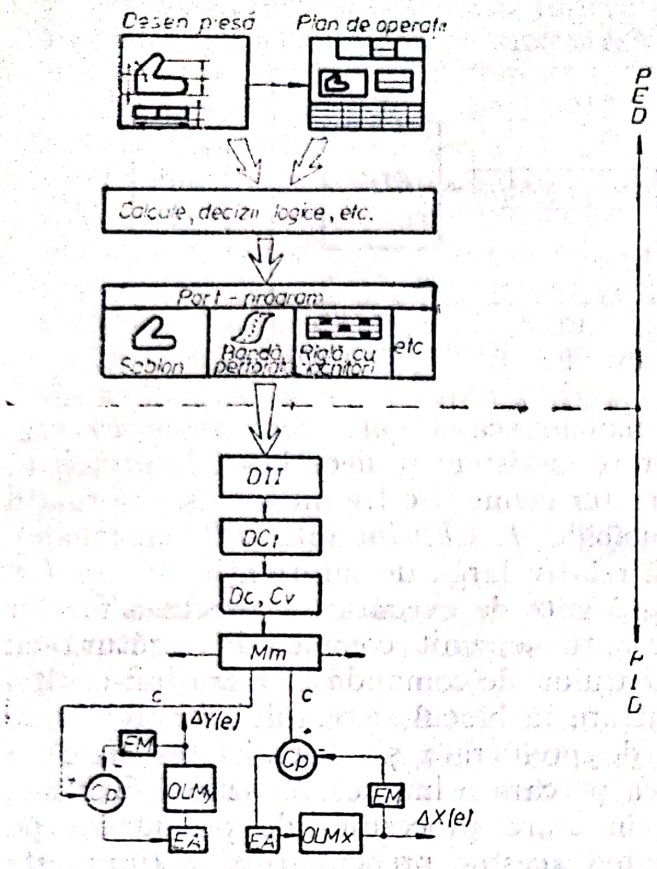


Fig. 4.4. Fluxul informațional la prelucrarea cu comandă după program.

mentul de acționare EA. Acest traseu este specific sistemelor de prelucrare cu comandă program în circuit deschis, fără buclă de reacție. În figura 4.4 se indică un sistem cu circuit închis (cu buclă cu reacție). Semnalul cules de la organul de lucru este recepționat de elementul de măsurare EM care emite informații spre C_p. Pentru $\delta = c - c = 0$ se comandă oprirea organului de lucru deoarece semnalul de comandă C (elaborat în cadrul prelucrării interne pe baza semnalului de intrare i) este egal cu semnalul de ieșire din sistem e.

Schema de principiu a fluxului informațional incluzînd și bucla de reacție (fig. 4.4) este caracteristică sistemelor de reglare (conform STAS 6019-74) particularizate la mașini-unelte. Sistemele de comandă pentru o cale directă nu conțin această legătură inversă.

În cadrul sistemului de prelucrare internă a datelor mai pot fi incluse și alte dispozitive prin particularizări referitoare la natura informațiilor (de tip discret sau analog) de intrare, modul de lucru al comparatorului și a elementului de măsurare. Aceste două dispozitive pot fi de asemenea de „tip" discret sau analog.

Sistemele de comandă program se pot clasifica în funcție de soluțiile practice adoptate pentru realizarea diferitelor dispozitive ale sistemului de prelucrare internă a datelor, cît și de prezența sau absența unor asemenea dispozitive în următoarele categorii : comandă prin sisteme de copiere, prin sisteme analoge, prin sisteme secvențiale și prin sisteme numerice.

4.2.1. Comanda prin sisteme de copiere

Comanda prin sisteme de copiere are funcția de a conduce și corela în mod automat mișcările a două sau mai multe organe de lucru în vederea realizării formei și a dimensiunilor piesei prelucrate, după un model dat.

Procedeul de prelucrare prin copiere a căpătat o răspîndire din ce în ce mai mare, mai ales pentru prelucrarea pieselor de forme complexe, în condiții de producție de serie mijlocie și chiar mică.

Odată cu introducerea comenzii numerice după program la mașinile-unelte de copiat, sistemele de copiere au primit o flexibilitate tehnologică mai mare și un înalt nivel de automatizare.

Sistemele de copiere au sarcina în principiu, să transfere asupra unui semifabricat informațiile amplificate (sau nu) ale traiectoriei unei memorii mecanice (șablon, model sau piesă), conducînd astfel procesul tehnologic de prelucrare încît să rezulte o piesă finită de formă și dimensiuni dorite.

Scanned with OKEN Scanner

În figura 4.5 se prezintă schema de desfășurare a fluxului de informații în cadrul unui sistem de copiere prin strunjire.

Elementele principale incluse în sistemele de copiere sînt: M — modelul (șablonul); EC — elementul de comandă; ET_r — elementul de transfer; EE — elementul de execuție; OL — organul de lucru și E_r elementul de reacție.

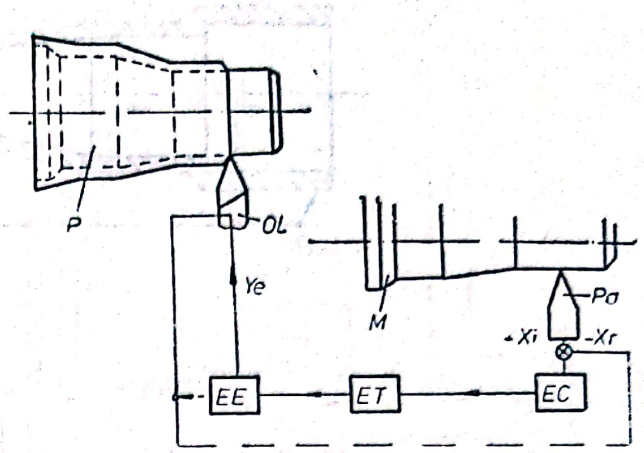


Fig. 4.5. Schema bloc a principiului de copiere prin strunjire.

Prin urmărirea conturului modelului M (fig. 4.5) de către palpatorul P_a, elementul de comandă EC generează un semnal de intrare în sistem x_i care, amplificat (amplificare de forță, putere etc.), se transferă prin ET_r la elementul de execuție EE, care acționează organul de lucru OL, imprimîndu-i un semnal de ieșire y_e.

Valoarea semnalului de ieșire (y_e — deplasare, viteză etc.) constituie în același timp, prin circuitul de reacție și E_r, semnalul de comparație — x_c care se compară cu semnalul de intrare x_i. Diferența celor două semnale, $x_i - x_c = x_e$, constituie semnalul de eroare care determină continuitatea funcționării sistemului.

Piesele prelucrate prin metoda copierii pot fi din semifabricate laminate, forjate, matrițate sau turnate.

În figura 4.6 sînt redate schemele specifice prelucrării pieselor prin strunjire de copiere, în cazul diferitelor semifabricate. Astfel piesele prelucrate din semifabricate forjate-matrițate (fig. 4.6, *a*), respectiv turnate (fig. 4.6, *c*), au un ciclu scurt de prelucrare, prin copiere după șablon, față de cazul pieselor prelucrate din bare laminate (fig. 4.6, *b*) în care caz au loc faze de degroșare pentru îndepărtarea adausurilor de prelucrare $a_1 \ldots a_4$, după care urmează copierea propriu-zisă pentru realizarea formei și a dimensiunilor finale ale piesei. Pentru fazele de degroșare sînt prevăzute ciclurile dreptunghiulare 0...17 (fig. 4.6, *b*) conform comenzii după program, urmînd ciclul de copiere 18...26, care se închide prin retragerea organului de lucru în poziția inițială zero „0".

Sistemele de copiere pot fi constituite pentru prelucrare bidimensională (copiere plană) sau tridimensională (copiere în spațiu).

În funcție de elementul de comandă utilizat și de elementul de execuție care acționează asupra organului de lucru distingem sisteme de copiere: mecanice; hidraulice; electrice; pneumatice și combinate. Dintre sistemele de copiere combinate cele mai frecvent întîlnite sînt: electrohidraulice; pneumo-hidraulice; optico-electronice etc.

În figura 4.7 este reprezentată schema de funcționare a unui dispozitiv electrohidraulic de copiere prin frezare după două direcții.

Capul de palpare C_p urmărește suprafața modelului și, prin intermediul unui traductor diferențial inductiv, emite semnale care sînt trimise spre elementul de comandă electronică EC. Aceste semnale, transformate și amplificate, comandă servodispozitivul S_p și distribuitorul D prin intermediul electromagnetului de construcție specială EM_1 și a lui EM_2.

Scanned with OKEN Scanner

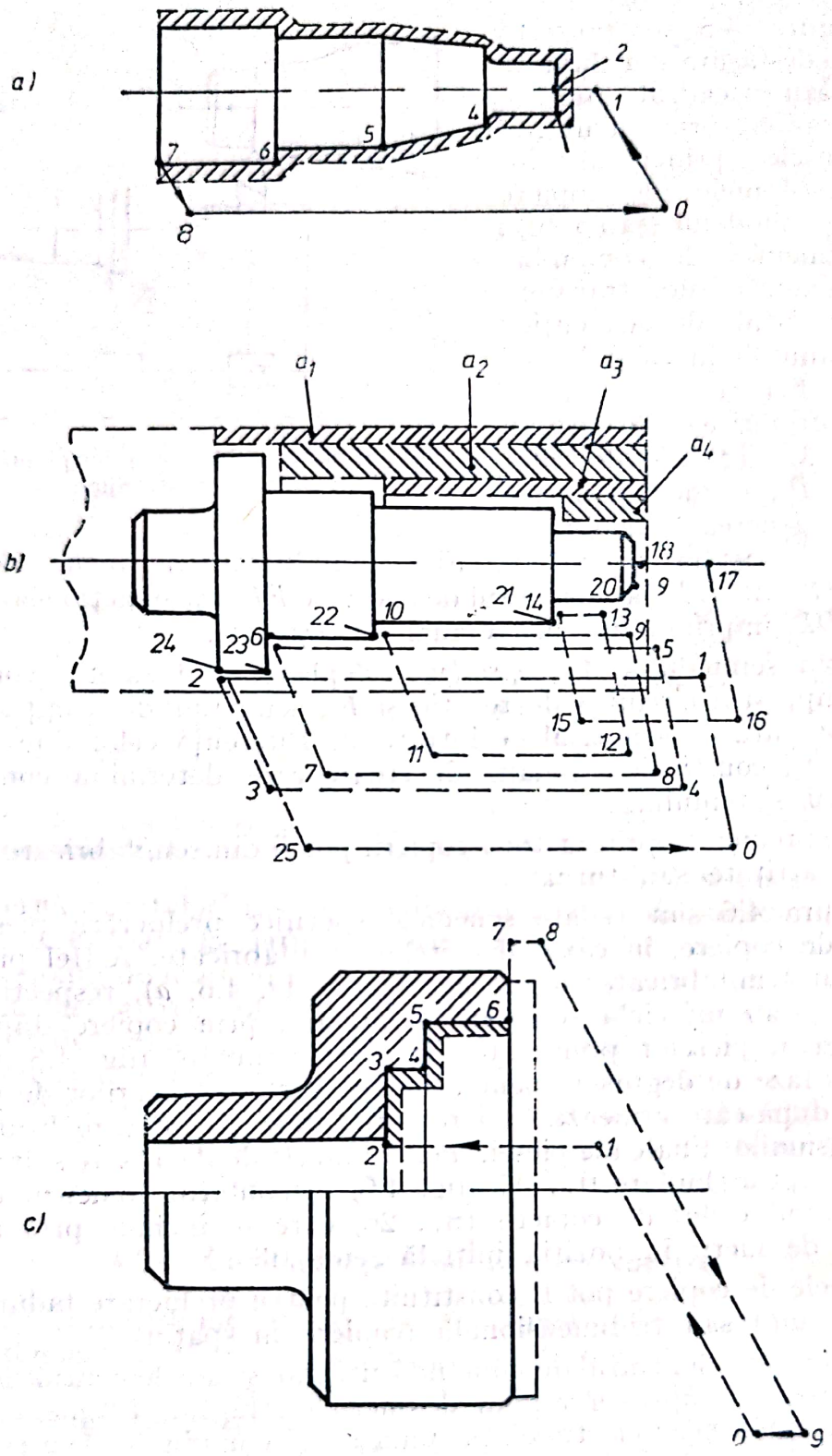


Fig. 4.6. Diferite cicluri de copiere.

Circuitul hidraulic este alimentat de către pompa P, iar presiunea din circuit este limitată prin ventilul maximal V_M. Servodispozitivul S_D comandă funcţionarea motorului hidraulic M_{Hy} care realizează prin şurubul conducător S_y, viteza de urmărire $\pm v_y$. Prin distribuitorul D se asigură comanda motorului hidraulic M_{Hx} pentru viteza de transport v_x. Astfel scula S_c (prin realizarea vitezelor v_x şi $\pm v_y$), pe baza semnalelor generate de capul de palpare în funcţie de profilul modelului, reproduce forma acestuia pe piesa P.

În cadrul mașinilor-unelte cu comandă numerică după program se caută introducerea motoarelor electrice pas cu pas pentru realizarea avansului de urmărire, prin realizarea unor lanțuri cinematice mecanice rigide și de precizie ridicată. Un astfel de exemplu [1], este ilustrat în figura 4.8.

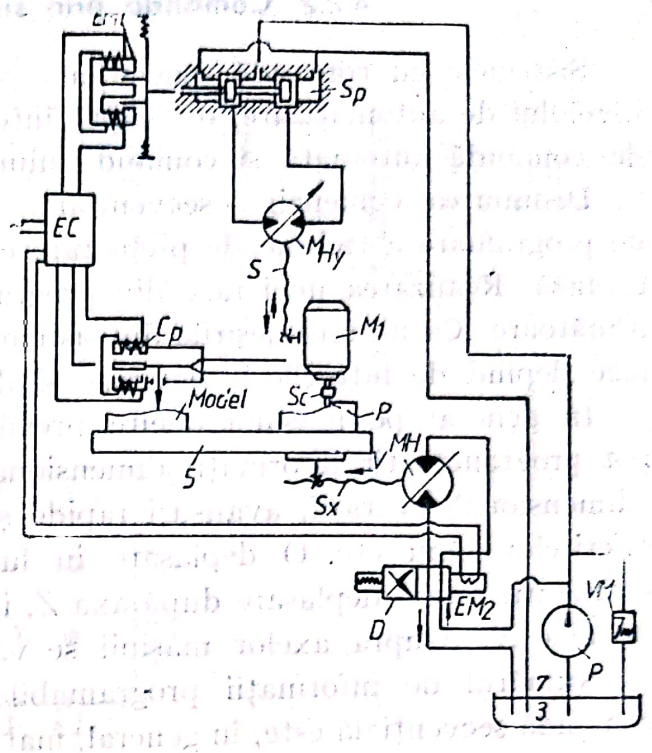


Fig. 4.7. Sistem de copiere electrohidraulic.

Semifabricatul fixat pe masa de lucru M_x împreună cu modelul M execută o mișcare de avans longitudinal, cu viteză constantă pe direcția X. Palpatorul P_a, prin urmărirea conturului modelului, introduce în elementul de comandă un EC semnal x_i, care comparat cu semnalul de referință i, generează semnal de eroare ε. Acest semnal de comandă de tip analog, prin convertorul A/N (analog-numeric) poartă, corelează impulsurile de comandă și prin blocul de comandă al motorului acționează motorul pas cu pas MPP, care la rîndul lui prin șurubul conducător S_z realizează viteza de avans de urmărire $\pm v_z$. Prin compunerea celor două viteze de avans v_x și $\pm v_z$ se realizează prelucrarea piesei P cu scula S_c, care execută și o mișcare de rotație n_i corespunzătoare vitezei de așchiere.

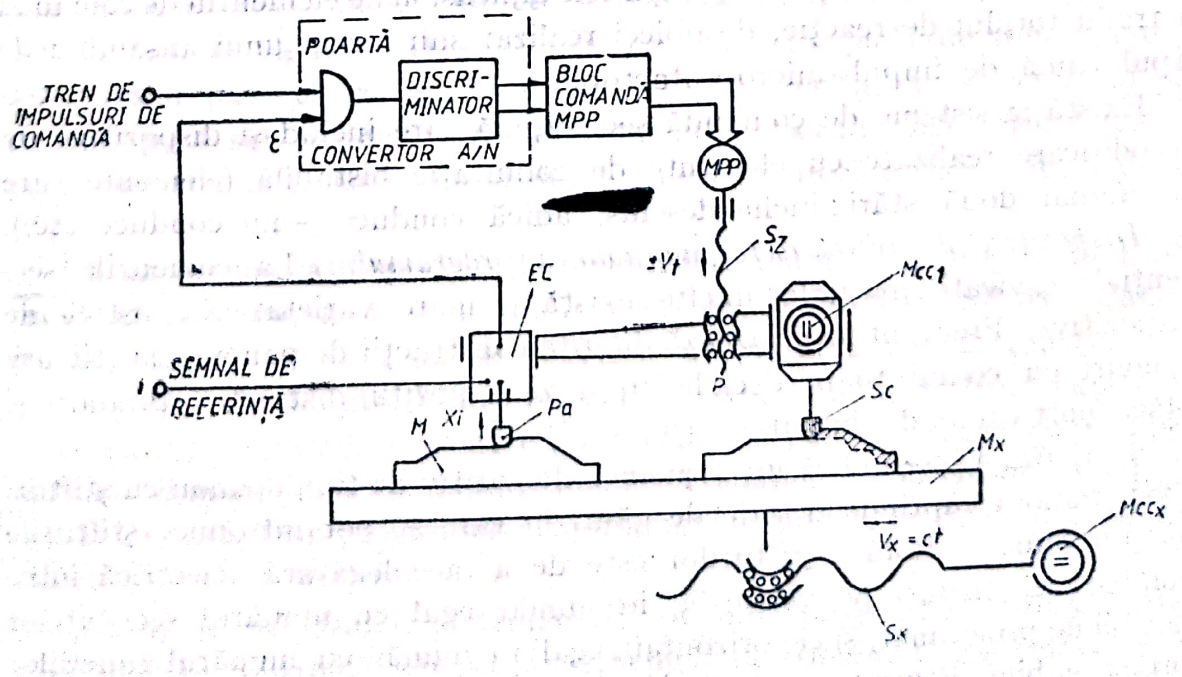


Fig. 4.8. Sistem de copiere cu motor electric pas cu pas.

Scanned with OKEN Scanner

4.2.2. Comanda prin sisteme secvențiale

Sistemele cu comandă secvențială constituie, din punct de vedere al nivelului de automatizare, o treaptă intermediară între sistemele „clasice" de comandă automată și comanda numerică.

Denumirea comenzii — secvențială — este împrumutată de la modul de programare a ciclului de prelucrare care se realizează în secvențe, fază cu fază. Realizarea unei faze din program condiționează executarea fazei următoare. Ca urmare, ieșirile din sistemul de prelucrare SP aferente unei faze depind de intrările acelei faze și de cele ale fazei anterioare.

În general pe mașinile-unelte prevăzute cu comandă secvențională se pot programa atît informații dimensionale (curse active și în gol), cît și adimensionale: turații, avansuri rapide și de lucru, sensul de deplasare a diferitelor sănii etc. O deplasare în lungul arborelui principal (pentru strunguri) este o deplasare după axa Z, iar după o direcție perpendiculară, pe axa X. Asupra axelor mașinii se va reveni în § 4.2.4.

Numărul de informații programabile prin intermediul sistemelor de comandă secvențială este, în general, mai redus decît în cazul altor sisteme de comandă program (de exemplu comanda numerică). Ca urmare modul de programare și implicit dispozitivele din cadrul prelucrării interne a datelor sînt relativ simple.

Sistemele de comandă secvențială conțin de regulă dispozitivul de introducere *manuală* a programului $DIMP$, comparatorul Cp și elementul de măsurare numit și traductor de reacție TR.

Aceste sisteme de comandă, avînd în vedere volumul redus al informațiilor pe care le vehiculizează, nu conțin de regulă memorii. Pentru informațiile adimensionale rolul memoriei este îndeplinit de dispozitivul de introducere a programului, iar pentru cele dimensionale elementul de comandă a traductorului de reacție, de obicei realizat sub forma unui ansamblu de tipul camă de impuls-microcontactor.

Există și sisteme de comandă secvențială care includ și dispozitive de decodificare realizate cu elemente de comutație bistabilă (elemente care au numai două stări: închis-deschis, adică conduce — nu conduce etc.).

Dispozitive de introducere manuală a programului. La comenzile secvențiale aplicate mașinilor-unelte există o mare varietate de astfel de dispozitive. Frecvent se utilizează diferite construcții de panouri cu știfturi, panouri cu comutatoare decadice (au zece poziții distincte), tamburi și plăci port-came de impuls.

În figura 4.9 se indică un asemenea dispozitiv de tipul panou cu știfturi [38]. Panoul cuprinde o serie de găuri în care se pot introduce știfturile de programare. Rolul știfturilor este de a face legătură electrică între conductorii dispuși pe verticală, în număr egal cu numărul secvențelor posibil de programat, și cei orizontali, egali în număr cu numărul funcțiilor programabile. Pentru a se elimina posibilitatea apariției unor comenzi

Scanned with OKEN Scanner

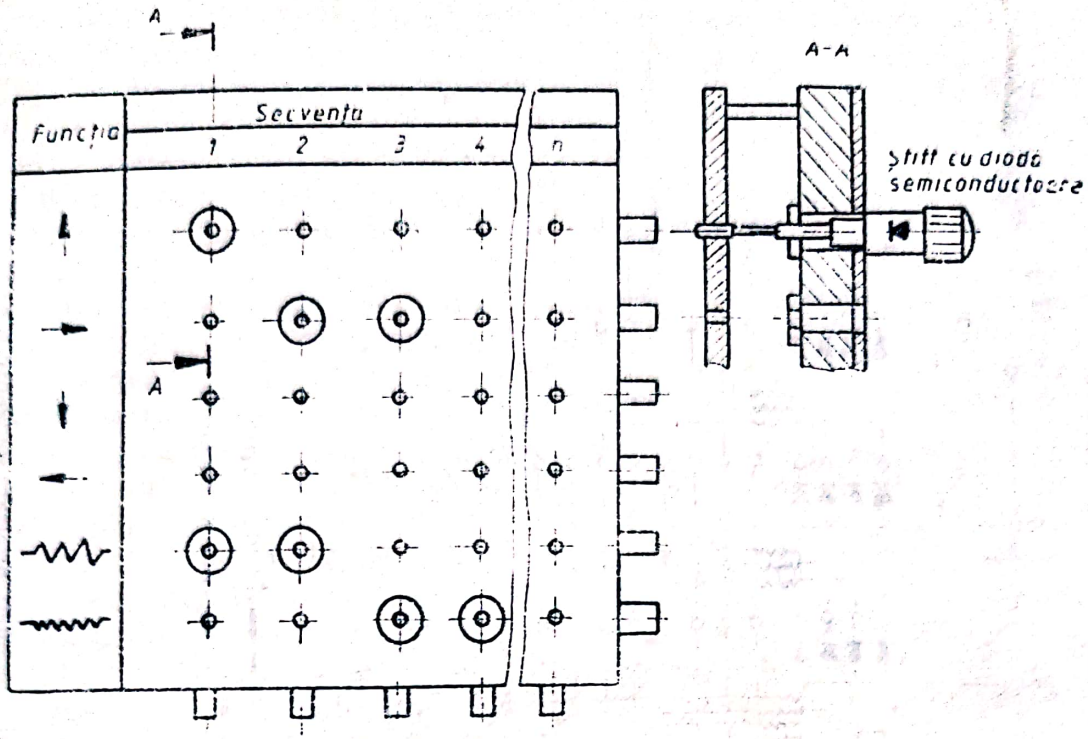


Fig. 4.9. Schema principială a unui panou cu ştifturi.

false, atît ştifturile cît şi coloanele de conductori sînt prevăzute cu diode semiconductoare.

Pe astfel de panouri pot fi programate numai informaţii de natură adimensională. Informaţiile dimensionale se programează prin plasarea corespunzătoare a ciocnitorilor pe canalele riglei cu ciocnitori (fig. 4.10).

Realizarea funcţiilor programate în fiecare secvenţă a programului este condiţionată de închiderea contactelor C_i ($i = 1, 2, \ldots, n$). Comanda pentru închiderea acestor contacte se realizeată automat de către un selector de pas. În figura 4.11 se indică schema principială de funcţionare a selectorului pas cu pas *SPP*. Bobinele C_i din circuitele selectorului pas cu pas, puse sub tensiune prin intermediul cursorului selectorului pas cu pas, comandă închidere contactelor C_i aferente fiecărei faze (fig. 4.10, *a*) [6].

Cu un asemenea dispozitiv de introducere manuală a programului este prevăzut şi strungul de construcţie românească de tipul SF-280. Panoul permite programarea a 62 de secvenţe de prelucrare şi 22 funcţii.

Dispozitivele de introducere manuală a programului de tipul pupitrelor cu comutatoare decadice rotative pot fi utilizate pentru programarea informaţiilor dimensionale şi adimensionale. Comanda deplasărilor executate de sănii se face prin programarea coordonatelor punctelor finale din cursele aferente fiecărei secvenţe.

Reacţia şi comparaţia. Sistemele de comandă program secvenţiale utilizează pentru controlul deplasărilor schemele de comandă prin coincidenţă. În cadrul unor astfel de scheme semnalul pentru comanda opririi deplasării

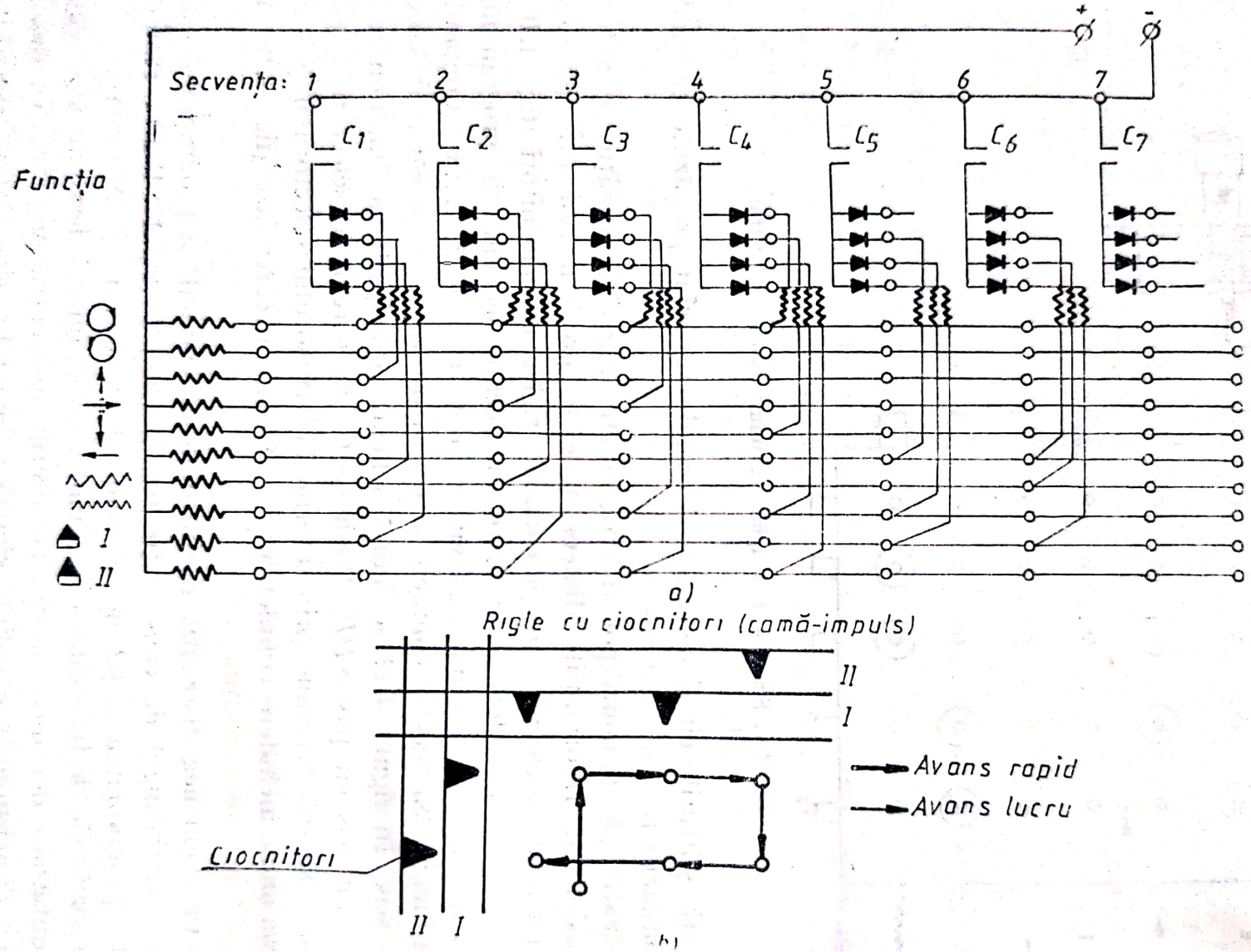


Fig. 4.10. Exemplu de programare a informațiilor în cazul comenzii program secvențiale:
a — informații adimensionale; *b* — informații dimensionale.

saniei se emite de către ansamblul comparator-traductor cu reacţie la realizarea coincidenţei dintre valoarea programată şi cea executată.

Rolul comparatorului propriu-zis (traductorului cu reacţie) la sistemele secvenţiale la care deplasările se programează prin poziţionarea reciprocă a camelor-impuls, montate pe rigle, este îndeplinit tocmai de ansamblul camă-impuls microcontact. La realizarea cotei programate este acţionat microcontactul de către cama-impuls ceea ce produce închiderea unui contact care comandă oprirea deplasării saniei.

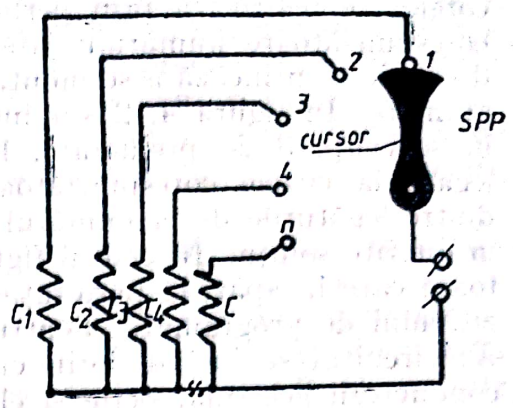


Fig. 4.11. Schema funcţională de principiu a unui selector pas cu pas.

Reacţia şi comparaţia se realizează, în esenţă, în acelaşi mod şi la sistemele secvenţiale prevăzute cu dispozitive de introducere manuală a programului care permit şi programarea informaţiilor de deplasare.

La astfel de sisteme traductorul cu reacţie este realizat, de regulă, sub forma numărătoarelor zecimale. Dispozitivul de introducere manuală a programului, de exemplu de tip tambur, este realizat dintr-un număr de elemente egal cu numărul rangurilor zecimale programabile pe maşina-unealtă respectivă (fig. 4.12). Suplimentar mai este prevăzut şi cu un element de conectare la reţea. Circuitul de alimentare se închide realizînd condiţia de transmitere a curentului electric prin toate elementele componente a dispozitivului de programare. Dacă această condiţie este realizată se pune sub tensiune bobina R a comparatorului care comandă închiderea contactului electric C realizînd în acest fel oprirea deplasării saniei la cota programată. Ansamblul bobină — contact constituie comparatorul sistemului secvenţial Cp [6].

Condiţia de transmitere a curentului electric se realizează la coincidenţa dintre valoarea programată pe dispozitivul de introducere a programului şi cea efectuată de sanie, măsurată de traductorul cu reacţie. Programarea

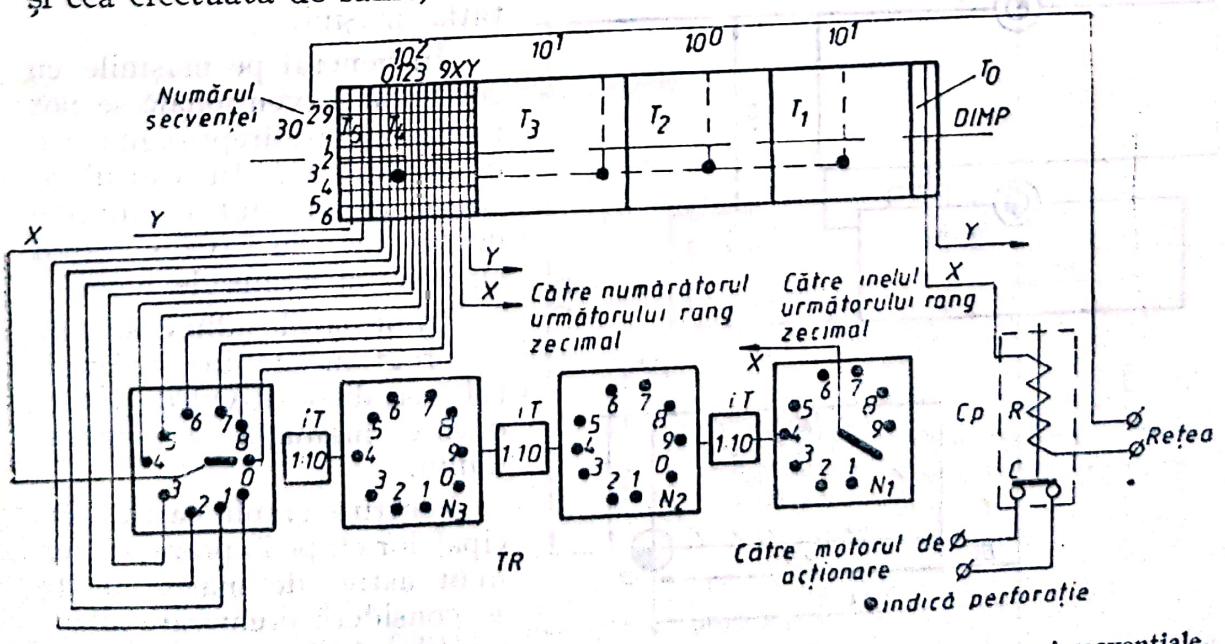


Fig. 4.12. Schema de principiu a unui traductor cu reacţie aplicat la comenzi secvenţiale.

cotelor se realizează prin perforarea unei găuri, pentru diferite secvenţe, corespunzătoare numărului aferent fiecărui rang zecimal, pe cîte o foaie de hîrtie ce urmează a se monta pe fiecare element din dispozitivul de programare. În figura 4.12 s-a indicat programarea deplasării de 297,5 mm în secvenţa 3 de prelucrare. Fiecare cifră din fiecare rang zecimal este legată la cifrele corespunzătoare din numărătoarele zecimale. Contactul dintre legăturile de la numărul şi dispozitivul de programare se realizează în diferite soluţii. În cadrul figurii 4.12 s-a indicat soluţia prin perii colectoare care la apariţia perforaţiei realizează contactul cu elementul dispozitivului de programare. Pentru o anumită deplasare (de exemplu pe axa X) circuitul se închide prin cursorul rotativ al numărătorului, unul din conductorii acestuia, perie şi elementul Ti al dispozitivului. Tensiunea se transmite în continuare la elementul următor prin conductorul X, cursorul rotativ al acestui element etc. Selectarea la transmiterea tensiunii a conductorului corespunzător din numărător este asigurată prin legarea axului unui cursor la şurubul conductor aferent unei direcţii de deplasare şi prin cuplarea celorlalte axe a cursoarelor în raportul de transmitere de 1 : 10. În cazul exemplului indicat, la realizarea cotei de 297,5 mm, cursorul elementului $T4$ va fi poziţionat pe cifra 2, a elementului $T3$ pe 9 etc. Prin aceasta se asigură închiderea circuitului de alimentare a bobinei R a comparatorului.

Programarea maşinilor-unelte cu comandă secvenţială. Programarea informaţiilor de lucru (dimensionale şi adimensionale) se realizează în funcţie de particularităţile constructive ale maşinii-unelte. Întocmirea programului pentru asemenea maşini-unelte presupune cunoaşterea în detaliu a posibilităţilor tehnologice, a curselor de lucru a saniilor după fiecare direcţie, a numărului suporţilor port-sculă şi a modului de programare a informaţiilor dimensionale şi adimensionale. Programarea deplasării săniilor este indisolubil legată de cunoaşterea distanţei dintre punctele principale de referinţă de pe maşina-unealtă (fig. 4.13) : originea maşinii (M), a piesei (W), punctul de referinţă a saniei (F) etc., precum şi dimensiunile port-sculelor, a poziţiei de montare pe sanie etc. Aceste date sînt indicate în diferite fişe din documentaţia maşinii.

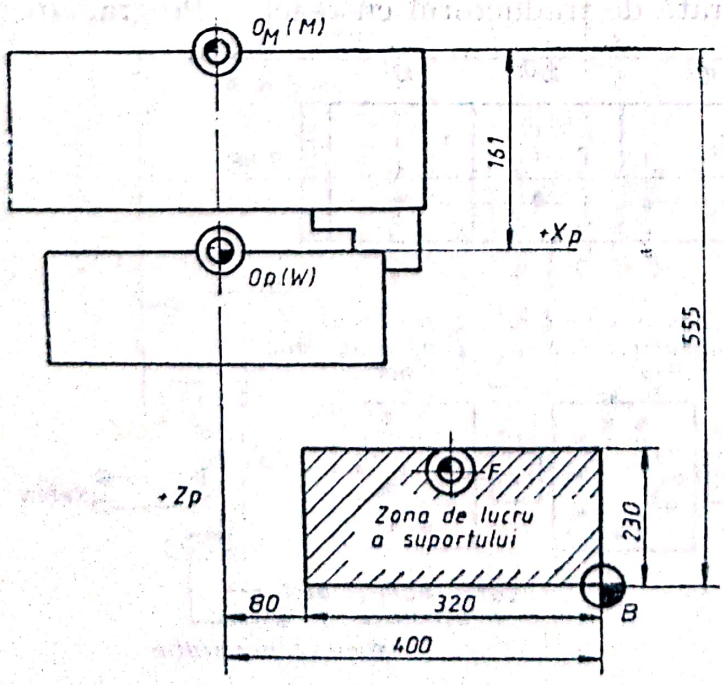


Fig. 4.13. Domeniul de lucru a strungului SF-280.

În general pe maşinile cu comandă secvenţională se pot realiza cicluri dreptunghiulare de prelucrare. În cadrul acestor cicluri sînt combinate deplasările cu avans rapid cu cele cu avans de lucru.

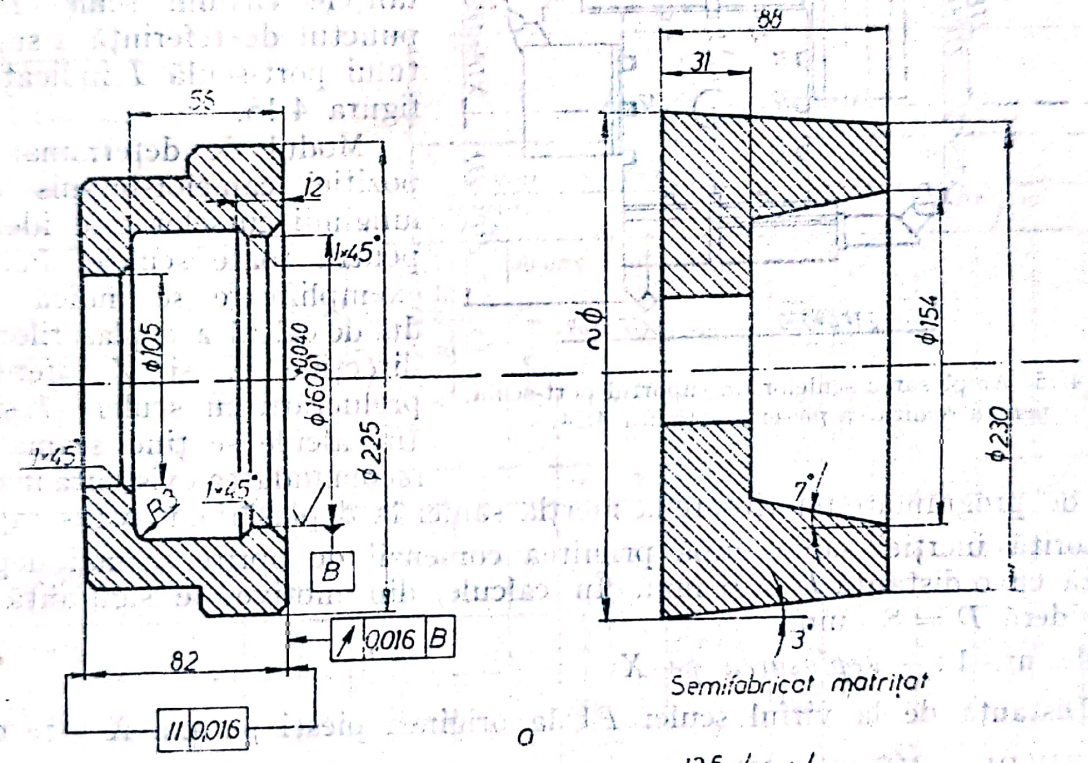
Informaţiile adimensionale se programează în conformitate cu dispozitivul de introducere manuală a programului.

Pentru exemplificarea principalelor etape în programarea unor astfel de maşini-unelte se consideră prelucrarea flanşei (fig. 4.14) pe un strung cu comandă secvenţială de

Scanned with OKEN Scanner

tipul SF-280 produs de Întreprinderea de Strunguri Arad [41]. Strungul SF-280 dispune pentru programarea informațiilor adimensionale de un panou cu fișe. Pot fi programate 62 de secvențe de prelucrare. Informațiile dimensionale se programează prin poziționarea reciprocă a camelor-impuls pe două rigle (cîte una pe fiecare direcție X și Z) prevăzute cu 6 canale, fiecare canal fiind împărțit în alte două canale pentru cele două sensuri de prelucrare (+ și −).

Ciclurile de prelucrare a piesei din figura 4.14, *a* sînt indicate în figura 4.14, *b*. Pentru poziționarea camelor-impuls este necesar ca în prealabil, în funcție de sculele utilizate în prelucrare, să se determine distanța de la vîrful sculei, punctul P_i, la punctul de referință F a saniei. În poziția inițială (de schimbare a sculei) punctul F se deplasează în B. Ca urmare



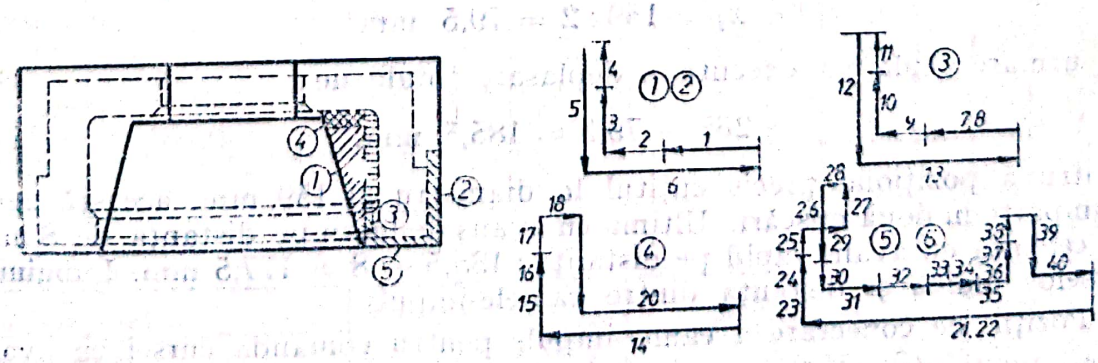


Fig. 4.14. Exemplu de programare:
a — piesă; *b* — ciclograma secvențelor de prelucrare.

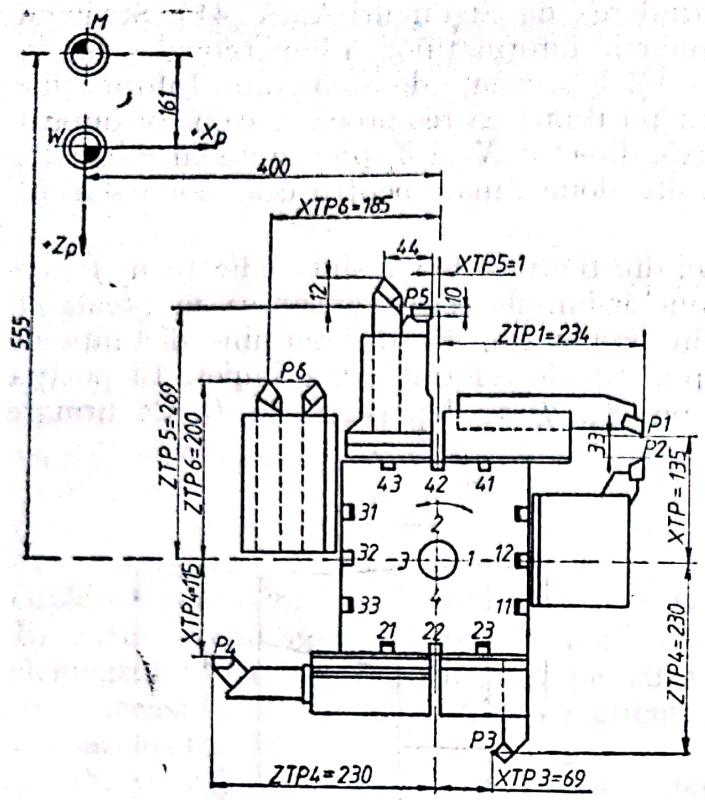


Fig. 4.15. Amplasarea sculelor, în suportul port-sculă, pentru realizarea piesei din figura 4.14.

punctul de referinţă a suportului port-sculă T (fig. 4.15) coincide cu punctul B ceea ce conduce la următoarele dimensiuni faţă de originea maşinii: $XMT = 400$ mm şi $ZMT = 555$ mm. Reglarea sculelor în suportul port-sculă se realizează cu ajutorul diferitelor dispozitive de reglare. Pentru prelucrarea piesei din figura 4.14 se consideră distanţele vîrfului sculei P la punctul de referinţă a suportului port-sculă T indicate în figura 4.15.

Modul de determinare a poziţiei camelor-impuls şi a lungimii curselor este identic pentru toate sculele. Pentru exemplificare se indică modul de calcul a deplasărilor pe direcţiile X şi Z aferente prelucrării cu sculele *1* şi *2*. În calcule se ţine seama de recomandarea existentă în cartea de programare referitoare la inerţia saniei la deplasări cu avans rapid. Datorită inerţiei sania după primirea comenzii de oprire se mai deplasează cu o distanţă $D = 6$ mm. În calcule, din motive de siguranţă, se consideră $D = 8$ mm.

Scula nr. 1: — *deplasarea pe X*

Distanţa de la vîrful sculei $P1$ la originea piesei pe axa X este de:

$$XWP1 = XWT = XTP1 = 400 - 135 = 265 \text{ mm}.$$

Coordonata punctului final de deplasare a sculei, considerînd un adaos pe diametru de 1 mm, este:

$$x_2 = 159 : 2 = 79{,}5 \text{ mm}$$

Ca urmare scula va executa o deplasare totală de:

$$265 - 79{,}5 = 185{,}5 \text{ mm}.$$

Pentru a poziţiona precis cuţitul la diametru Ø 159 mm, această cursă se împarte în două mişcări. Ultima cu avans de lucru pe distanţa de 8 mm, iar cealaltă cu avans rapid pe distanţa: 185,5 — 8 = 177,5 mm. Lungimea curselor indică şi distanţa dintre camele-impuls.

Poziţia de conectare a camei-impuls pentru comanda cursei cu avans rapid va fi plasată la distanţa:

$$400 - 177{,}5 = 222{,}5 \text{ mm},$$

iar a camei-impuls pentru avansul de lucru 222,5 — 8 = 214,5 mm;

Scanned with OKEN Scanner

— *deplasarea pe Z*

Distanța de la vîrful sculei $P1$ la originea piesei pe axa Z, considerînd distanța $ZMW = 161$ mm (fig. 4.15) este de:

$$ZWP1 = ZMT - (ZMW + ZTP1) = 555 - (161 + 234) = 160$$

Coordonata punctului final de deplasare a sculei în secvența 4 este $Z_4 = 31 + 3 = 34$ mm. Ca urmare cursa totală în secvențele 3 și 4 va fi de $160 - 34 = 126$ mm. Cursa cu avans rapid se efectuează pînă la coordonata $Z_3 = 88 + 8 = 96$ mm, deci pe lungimea de $160 - 96 = 64$ mm. Ca urmare cursa cu avans de lucru va fi de $96 - 34 = 62$ mm. La retragere, programată în secvența 5, se programează o deplasare pe distanța de $64 + 62 + d = 129$ mm considerînd o depășire $d = 3$ mm pentru a evita coliziunea dintre sculă și piesă la retragerea cu avans rapid pe direcția X (secvența 6).

Fișa de programare

Tipul mașinii: SF 280 II | Total file | File

Denumirea piesei | Nr. desen | Material

Secvența	Deplasare transversală: Poziție portsculă D/2	X − înainte	X + înapoi	Deplasare longitudinală: Poziția sculei (P) Lung.	Z − înainte	Z + înapoi	STOP	Avans rapid	Poziție portsculă	Răcire	Avans mm/rot U	Avans mm/min	Avans de tîrire	Turația	Domeniul	Limitator de cursă X: Transv.	X: Rînd	Limitator de cursă Z: Longit.	Z: Rînd			Durata t în min/100
	/	D,G	D,F	/	E,G	E,F	T	H,K,L	P	a	/	H,K,L	R	A,B,C	/	/	U	Y	/	U	Y	/	/	/
/	400			394																				
/	265	XTP1 135		160	ZTP1 234																			
1	87,5	177,5						•	1					112	1	222,5	1							
2	79,5	8										200				214,5	2							
3				96	64			•											491	1				
4				34	62						0,25	28							429	1				
5				160		129		•											555	5				
6	265		185,5					•								400	5							
/	400			394																				
/	331	XTP3 69		164	ZTP3 230																			
7																								

Fișa de reglare		Prinderea	1	Proiectat
Planul camelor		Număr de secvențe	40	Verificat
		Domeniul de turații	1	Data
		Limitele turațiilor	56 224 rot/min	

Fig. 4.16. Porțiune din Fișa de programare pentru realizarea piesei din figura 4.14.

Scanned with OKEN Scanner

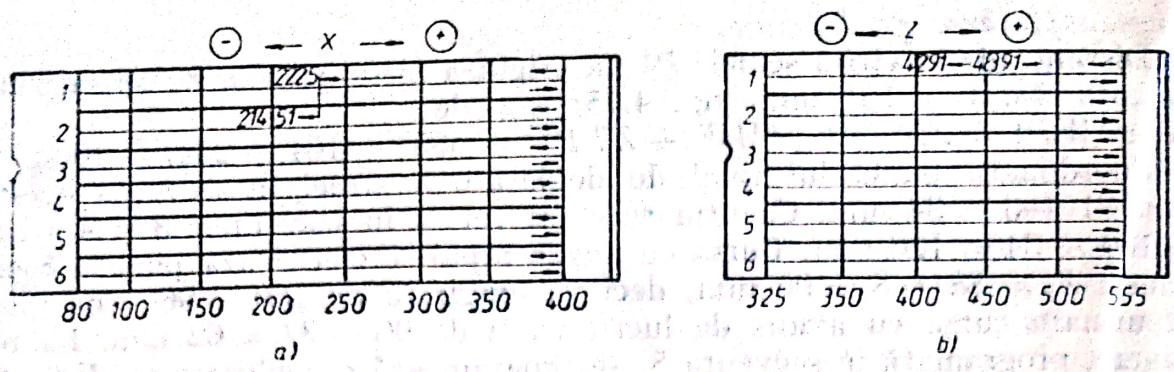


Fig. 4.17. Exemplu de amplasare a camelor-impuls:
a — pentru axa *X*; *b* — pentru axa *Z*.

Poziţiile de montare a camelor-impuls pentru deplasarea în lungul axei *Z* se determină asemănător cu cele ale axei *X*: 555 — 64 = 491 pentru avansul rapid şi 491 — 62 = 429 pentru avansul de lucru.

În mod similar se procedează şi pentru restul deplasărilor.

Valorile parametrilor tehnologici se aleg respectînd criteriile de durabilitate şi productivitate.

După determinarea tuturor informaţiilor aferente şi celorlalte secvenţe se procedează la programarea efectivă a maşinii. În scopul evitării unor posibile erori în programare se întocmeşte fişa de programare. În fişa de programare se înscriu toate informaţiile necesare în programare (fig. 4.16).

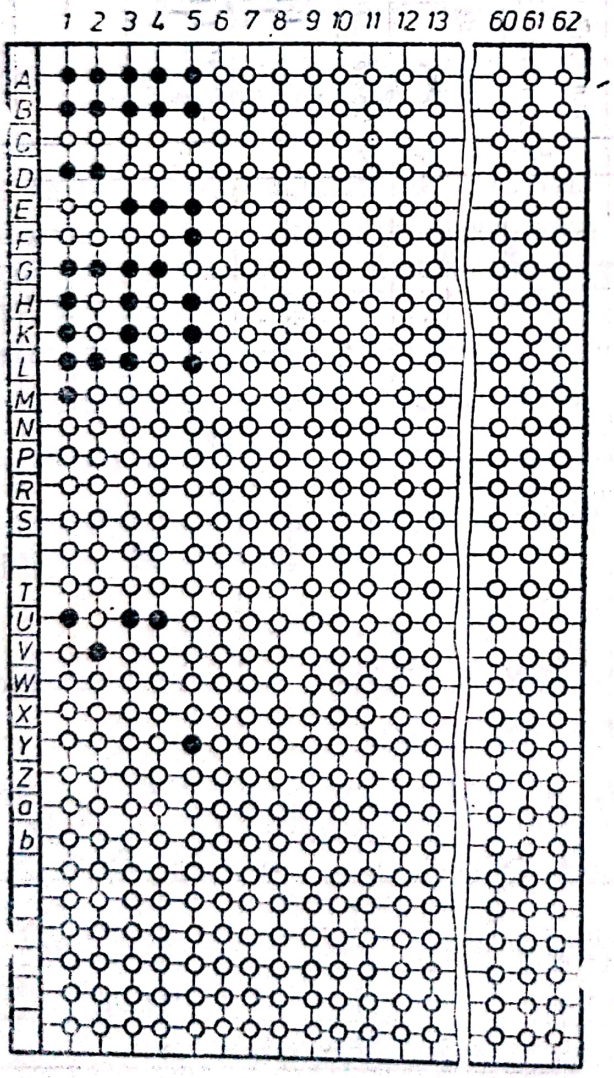


Fig. 4.18. Exemplu de cartelă de programare.

Pe baza acestei fişe se programează informaţiile dimensionale, prin plasarea camelor-impuls la distanţele calculate pe plăcile de fixare (fig. 4.17) şi cele adimensionale prin perforarea cartelei-program în concordanţă cu funcţiile utilizate în fiecare secvenţă (fig. 4.18).

Modul de executare a comenzilor din fiecare secvenţă, conţinutul şi programarea efectivă sînt specifice fiecărei maşini-unelte. Pentru a executa o programare corectă este necesar să se ţină seama de particularităţile în programare a fiecărei maşini-unelte.

4.2.3. Comanda prin sisteme numerice (Numerical Control)

Comanda numerică este o comandă după program caracterizată printr-un înalt grad de

Scanned with OKEN Scanner

automatizare a prelucrării informațiilor de lucru în cadrul prelucrării interne a datelor (fig. 4.3). Acest tip de comandă se utilizează pentru conducerea unor mașini-unelte și a unor echipamente de prelucrare pe baza unor instrucțiuni codificate pe un suport informațional adecvat (frecvent benzi perforate). Conținutul acestei metode automate de comandă program este definit prin însăși titlul ei — *comanda prin numere* [1].

Punerea în practică a comenzii prin numere s-a realizat prin găsirea mijlocului de a transmite sistemului de comandă (prin intermediul unui suport) toate informațiile necesare prelucrării unei piese pe mașina-unealtă. Aceasta s-a realizat prin intermediul unei scrieri formale, de tip alfanumeric (litere și cifre) sub formă de coduri. Ciclul de convertire a tuturor informațiilor de comandă după regulile codului folosit poartă denumirea de codificare externă a datelor. Din punctul de vedere a exploatării echipamentelor *NC* de interes imediat sînt codurile care au la bază sistemul binar codificat zecimal. Scrierea binal-zecimală se caracterizează prin aceea că numărul se reprezintă în codul zecimal, iar cifrele componente în cod binar. După modul de scriere a cifrelor componente ale numărului se deosebesc mai multe coduri. Dintre aceste codul 8—4—2—1 (denumit și binar zecimal sau cod *BCD*) are cele mai largi aplicații în elaborarea codurilor de programare. Alte coduri binar-zecimale sînt indicate în tabelul 4.1.

Pentru a deduce modul de scriere în codul *BCD* se consideră numărul zecimal 568. Cifrele componente ale acestui număr, conform tabelului 4.1, se scriu în codul binar astfel:

$$5 = 0101 \qquad 6 = 0110 \qquad 8 = 1\,000$$

Atribuind fiecărei cifre zecimale scrise în binar ponderea zecimală a ordinului respectiv se obține:

$$0101 \cdot 10^2 + 0110 \cdot 10^1 + 1\,000 \cdot 10^0$$
$$0101 \qquad\quad 0110 \qquad\quad 1\,000 \qquad = 0101 \quad 0110 \quad 1\,000$$

Informațiile de comandă transpuse pe suportul informațional utilizînd un anumit cod de programare sînt recodificate de unitatea *NC* într-un cod mașină, compatibil cu sistemul intern de prelucrare a datelor.

Tabelul 4.1. **Coduri de numerație**

Codul zecimal N_{10}	Codul binar pur N_2	Codul binar zecimal			Codul Gray
		BCD 8—4—2—1	2—4—2—1	Exces 3	
0	0000	0000 0	0000 0	—	0000 0
1	0001	0001 1	0001 1	—	0001 1
2	0010	0010 2	0010 2	—	0011 2
3	0011	0011 3	0011 3	0011 0	0010 3
4	0100	0100 4	0100 4	0100 1	0110 4
5	0101	0101 5	—	0101 2	0111 5
6	0110	0110 6	—	0110 3	0101 6
7	0111	0111 7	—	0111 4	0100 7
8	1000	1000 8	—	1000 5	1100 8
9	1001	1001 9	—	1001 6	1101 9
10	1010		—	1010 7	
11	1011		1011 5	1011 8	
12	1100		1100 6	1100 9	
13	1101		1101 7	—	
14	1110		1110 8	—	
15	1111		1111 9	—	

Scanned with OKEN Scanner

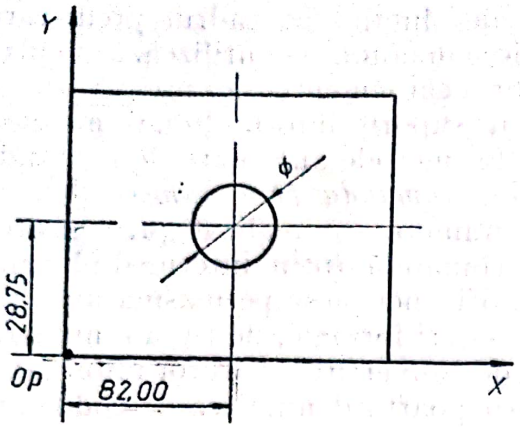


Fig. 4.19. Informații necesare burghierii pe un sistem cu comandă numerică.

Pentru abordarea problemelor de bază ale comenzii numerice, din punctul de vedere al programatorului, se va considera operația simplă de burghiere (fig. 4.19) [40].

Din totalitatea informațiilor pe care programatorul trebuie să le transmită unității de comandă numerică de primă importanță este indicarea valorii deplasării mesei după o anumită direcție și într-un anumit sens. Ca urmare prin intermediul codului de comunicare cu unitatea de comandă este necesar să se transmită numere (82 și 28, 75), litere (X, Y etc. — pentru a defini direcția de deplasare) și semne („—", „+") prin care se stabilește sensul deplasării).

Fiind o simplă operație de burghiere nu este necesar ca și cea de-a treia direcție, Z, să fie controlată.

În afară de informațiile amintite, pentru orice prelucrare, trebuie înscrise pe banda perforată și alte date cum ar fi turația, avansul, sensul de rotație al arborelui principal, lichidul de așchiere etc. Avînd în vedere acest număr mare de date, suportul de informații utilizat în comanda numerică a mașinilor-unelte, în marea majoritate a cazurilor, este de tipul unei benzi perforate prevăzute cu 8 rînduri de găuri. În aceste rînduri se pot realiza 255 (2^8-1) combinații de găuri. Pentru codificarea tuturor numerelor, literelor și semnelor utilizate la comanda numerică se utilizează numai o parte din ele.

Programatorul, pe baza desenului piesei, întocmește (folosind un cod de comunicare) o listă de instrucțiuni de prelucrare ce va fi transmisă unității de comandă numerică.

Lista de instrucțiuni trebuie să cuprindă toate informațiile referitoare la mișcările necesare realizării operației de găurire în succesiunea lor firească. Aceste informații se înscriu într-un tabel de programare denumit tabel Program-piesă (fig. 4.20). Tabelul Program-piesă este alcătuit din mai multe coloane. Conținutul informațiilor cuprinse în coloane este specificat prin adresa utilizată în capul coloanei.

Se cunosc mai multe forme de întocmire a tabelelor Program-piesă privind conținutul și modul de înscriere a informațiilor. Conținutul lor

Tabel „Program-piesă".

X	Y	Z	Avans	Turație	Sculă	Aux
+82,00	+28,75	—				

Fig. 4.20. Exemplu de tabel Program-piesă.

Scanned with OKEN Scanner

depinde de echipamentul numeric folosit, iar modul de alcătuire, de programator. Avînd în vedere complexitatea programelor se impune asigurarea unui control riguros al corectitudinii acestora. Pentru aceasta, între rîndurile care cuprind informaţii se lasă unul sau două rînduri libere. După confecţionarea benzii perforate, prin citirea acesteia de către cititorul de bandă din dotarea aparatajului de confecţionare a benzii, se listează în rîndurile rămase libere informaţiile cuprinse pe banda perforată. Acest mod de alcătuire a tabelului Program-piesă oferă posibilitatea comparării informaţiilor cuprinse în tabelul de programare cu cele conţinute pe banda perforată şi ca urmare depistarea oricărei greşeli apărute.

Următoarea etapă în vederea prelucrării găurii cu ajutorul unui sistem de comandă numerică este pregătirea maşinii-unelte. Din totalitatea activităţilor legate de pregătirea maşinii-unelte deocamdată ne referim numai la stabilirea punctului de zero. În desenul piesei se observă că s-a marcat originea coordonatelor, punctul faţă de care sînt date coordonatele X şi Y. Pentru a respecta la prelucrare aceste coordonate este necesar ca între punctul de zero al maşinii-unelte şi al piesei să existe o relaţie univocă, bine determinată. De obicei această relaţie se determină efectuînd o translaţie (rotaţie) a sistemului de coordonate din punctul de zero al maşinii (O_M) în punctul de zero al piesei (O_p). Există mai multe posibilităţi de a efectua translaţia amintită. Aceasta depinde de tipul de echipament numeric utilizat.

După ce toate aceste etape de pregătire a prelucrării au fost îndeplinite, executarea operaţiei de burghiere se va realiza în mod automat prin simpla apăsare a butonului de pornire.

Desigur, în cazurile practice pentru executarea unei simple găuriri nu este necesară o maşină cu comandă numerică, dar comanda oricărei maşini-unelte, indiferent de complexitatea ei, presupune îndeplinirea acelorași faze de bază.

Realizarea unor prelucrări de tipul celei indicate anterior se face, de obicei, cu ajutorul unor echipamente de comandă numerică de tipul „punct cu punct" (fig. 4.21, *a*). În cazul acestor echipamente este necesar să se comande numai aducerea sculei într-un anumit punct de pe suprafaţa piesei. Direcţia după care se execută deplasarea nu are nici o importanţă. Aprecierea rămîne valabilă chiar şi în cazurile în care se controlează şi adîncimea găurii, prin comanda după cea de a treia axă, Z. În astfel de situaţii se impun anumite precauţii, pentru a evita lovirea piesei de către sculă.

Din această categorie de echipamente în ţara noastră se fabrică echipamentul NUMEROM 310 utilizat la maşina de găurit GP-45 NC.

Un alt tip de echipament numeric, mai complex decît primul, (fig. 4.21, *b*) este cel de prelucrare „liniară". Pe astfel de echipamente se pot realiza numai prelucrări după o singură direcţie, paralelă cu una din axele sistemului de coordonate. În cazul acestor echipamente, pe timpul deplasării sculei se efectuează aşchiere.

Dintre echipamentele numerice fabricate în ţara noastră, reprezentativ pentru acest tip este NUMEROM 321 din dotarea maşinii de găurit cu cap revolver GPR-45 NC.

Cele mai complexe echipamente numerice din punctul de vedere al posibilităţilor de prelucrare, sînt cele de conturare (fig. 4.21, *c*, *d*). Aceste echipamente pot comanda mişcările sculei şi a mesei în oricare plan, pe toată durata aşchierii. Existenţa unor memorii-tampon oferă posibilitatea

Scanned with OKEN Scanner

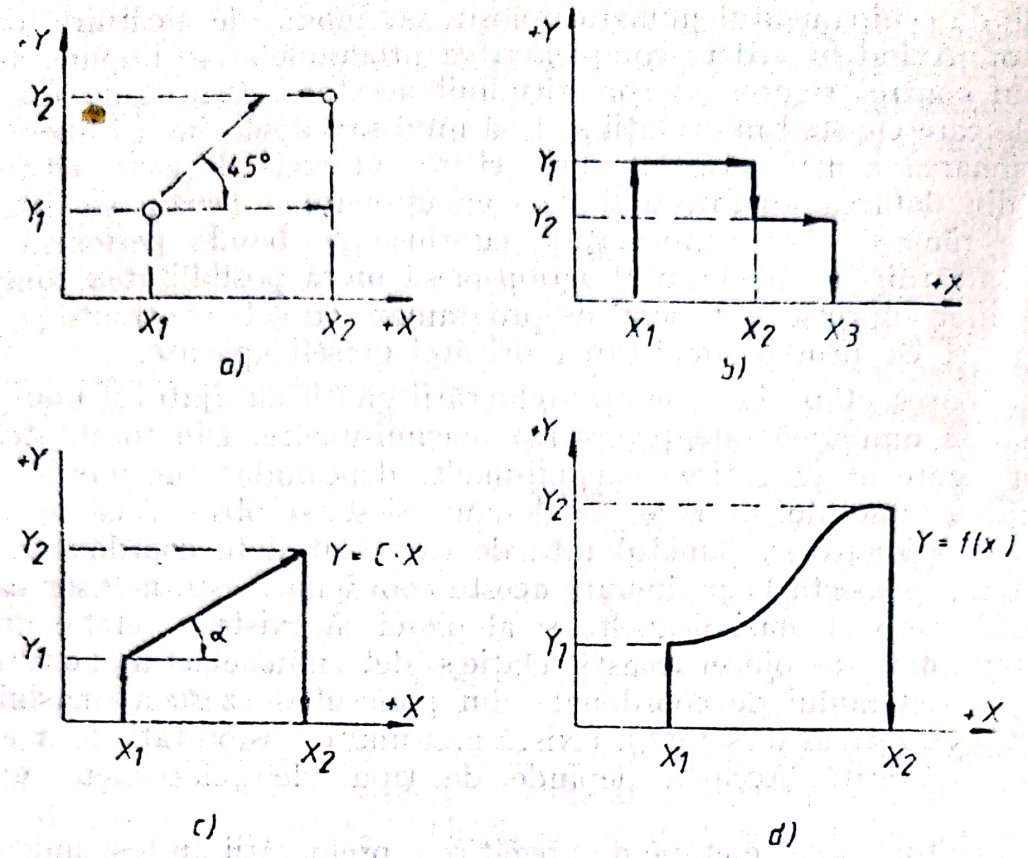


Fig. 4.21. Deplasări realizabile cu echipamente numerice de tipul:
a — punct cu punct; *b* — prelucrare liniară; *c*, *d*, — conturare.

transmiterii informațiilor, conținute în secvența următoare de prelucrare, aproape instantaneu. Prin aceasta se asigură desfășurarea în mod „continuu" a procesului de prelucrare și realizarea unor traiectorii complexe.

4.2.3.1. **Limbajul comenzii numerice.** Programarea unei mașini-unelte cu comandă *NC* constă, în esență, din transpunerea, în mod simbolic, pe suportul informațional a tuturor fazelor de realizare a piesei. Aceste faze alcătuiesc așa-numitele *fraze sau blocuri de programare*. Conținutul lor, diferit de la un echipament la altul, cuprinde informații referitoare la deplasarea relativă a sculei față de piesa și/sau diferite informații adimensionale. Frazele trebuie înscrise în program în ordinea firească de executare a lor [1], [5].

Fiecare frază este alcătuită din mai multe *„cuvinte" NC* prin care se transmit comenzi echipamentului numeric. Cuvintele sînt astfel alcătuite încît asigură transmiterea informației la memoria sau circuitul de execuție corespunzător. Ca urmare, conținutul fiecărui cuvînt cuprinde o adresă urmată de un grup de cifre. Cifrele reprezintă conținutul informației.

În cadrul frazelor fiecare comandă se transmite codificat printr-o succesiune de *caractere*. Un caracter reprezintă de fapt o anumită combinație de găuri de pe un rînd al benzii perforate. Totalitatea caracterelor utilizate în programarea mașinilor-unelte alcătuiesc codul de programare. Prin intermediul caracterelor unui cod se pot descrie litere, cifre și diferite semne specifice.

Frazele sînt separate între ele printr-un semn specific (*EOB* sau *LF* în cazul codurilor utilizate în prezenta lucrare). O frază de pe banda perforată corespunde unui rînd din tabelul Program-piesă.

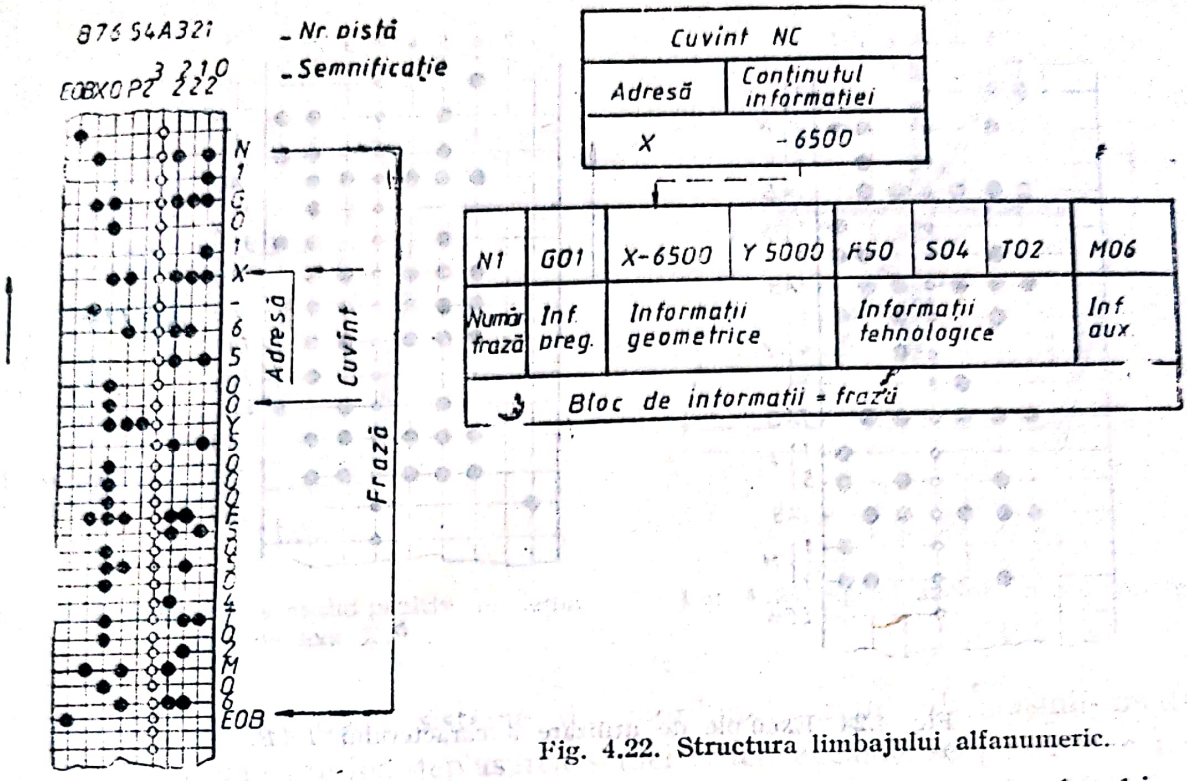


Fig. 4.22. Structura limbajului alfanumeric.

Despărțirea frazelor între ele este impusă de modul de operare al echipamentului numeric. Comenzile de execuție sînt elaborate succesiv de unitatea de comandă și executate de mașina-unealtă după citirea unui bloc complet de informații.

Modul de indicare a adresei definește așa-numitul format de programare (al benzii perforate). La sistemele în exploatare există, mai răspîndit, două asemenea tipuri de formate:

— cu cuvinte de comandă, utilizat la echipamentele mai complexe (prelucrări liniare și conturare);

— de tip tabular (în special la echipamentele de tipul punct cu punct).

În cazul primului format înscrierea informațiilor este de tipul alfanumeric (fig. 4.22), iar pentru cel de al doilea este de tipul numeric (fig. 4.23).

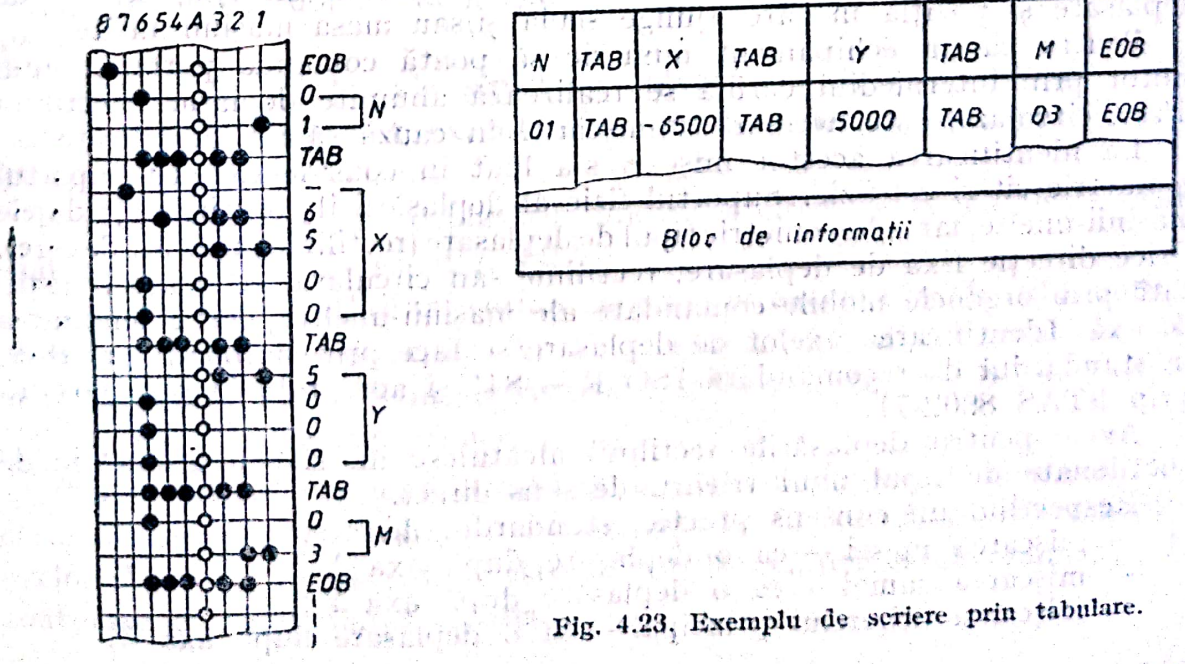


Fig. 4.23. Exemplu de scriere prin tabulare.

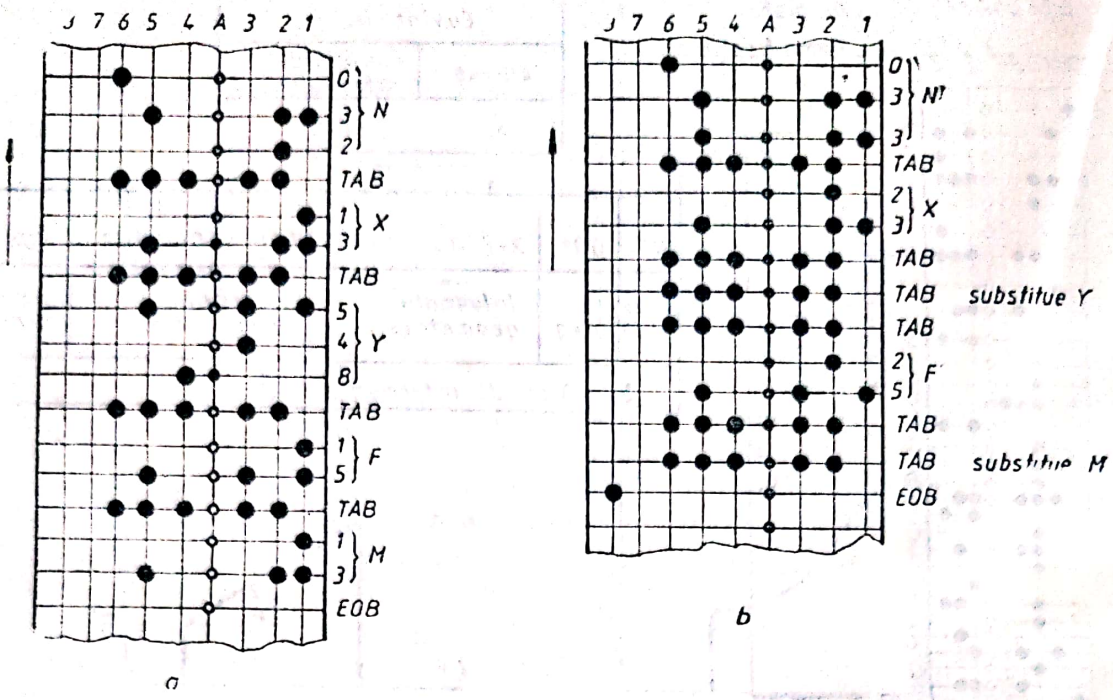


Fig. 4.24. Exemple de utilizare a caracterului *TAB*.

Pentru formatul cu cuvinte de comandă adresa este indicată printr-o literă, iar pentru cel tabular prin ordinea de dispunere a informațiilor în bloc. Pentru a nu se confunda informațiile din fiecare cuvînt se despart printr-un caracter specific *(TAB)*. Același caracter se utilizează și pentru a suplini lipsa unei informații din ordinea indicată de formatul respectiv (fig. 4.24).

Ordinea în care sînt dispuse cuvintele în bloc, cît și conținutul acestuia diferă de la echipament la echipament.

Informațiile de programare rezultate din desenul piesei și din fișa tehnologică pot fi clasificate în informații geometrice ,tehnologice și auxiliare.

4.2.3.2. **Informații geometrice.** Prin intermediul acestui tip de informații se transmit mașinii-unelte date referitoare la direcția, sensul de deplasare și poziția în care ajunge scula și/sau masa mașinii-unelte.

Pentru ca un echipament numeric să poată comanda pornirea unui motor prin intermediul căruia se realizează anumite deplasări (rectilinii și/sau circulare) este necesar ca mișcările în cauză să fie identificate.

La identificarea acestor mișcări s-a luat în considerare atît suportul geometric cît și cel fizic. Suportul fizic al deplasării îl constituie ghidajele mașinii-unelte, iar cel geometric tipul de deplasare (rectilinie sau în arc de cerc). Orice direcție fixă de deplasare, rectilinie sau circulară, ce poate fi realizată prin organele mobile comandate ale mașinii-unelte poartă denumirea de axă. Identificarea axelor de deplasare se face prin simboluri precizate în standardul de recomandare ISO R — 841 și acceptate în țara noastră prin STAS 8902-71.

Axele pentru deplasările rectilinii alcătuiesc un sistem geometric de coordonate de tipul unui triedru de sens direct.

Respectînd un consens practic, standardul definește:

— mișcarea mesei — ca o deplasare după axa X;
— mișcarea saniei — ca o deplasare după axa Y;
— mișcarea arborelui principal — ca o deplasare după axa Z.

Scanned with OKEN Scanner

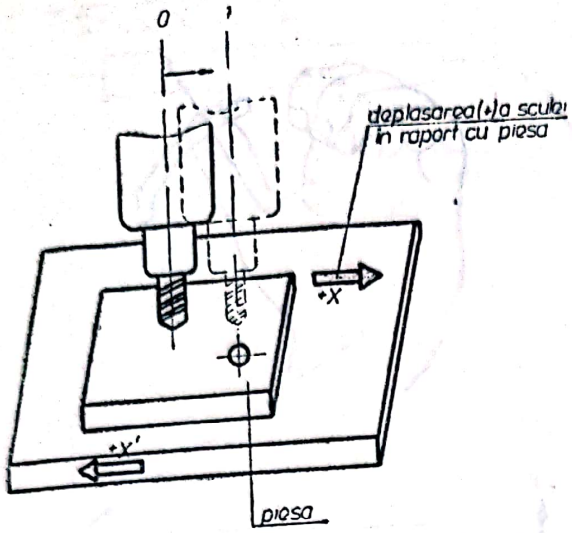


Fig. 4.25. Definirea sensului pozitiv de deplasare pe axa X.

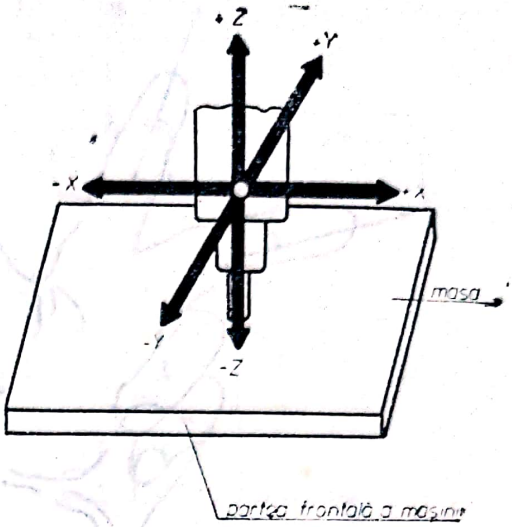


Fig. 4.26. Sensul axelor de coordonate.

Teoretic există două sisteme de coordonate: unul al mașinii-unelte (X, Y, Z) în care are loc deplasarea sculei (dacă aceasta se poate deplasa după una sau mai multe direcții) și altul solidar cu piesa (X'; Y'; Z';). Deplasarea sculei, după direcția X, spre dreapta în raport cu piesa definește sensul pozitiv de deplasare pe axa X (fig. 4.25). Depărtarea sculei, după direcția Y, în raport cu partea frontală a mașinii-unelte determină sensul $+Y$. Depărtarea sculei de piesă, după axa Z, definește sensul $+Z$ (fig. 4.26) [12].

Sensul pozitiv al axelor sistemului solidar cu piesa este opus sensului pozitiv al sistemului mașinii-unelte.

Originea sistemului de coordonate este arbitrară. În cazurile practice mișcările relative dintre sculă și piesă se execută după axe aparținînd sistemului de coordonate al mașinii-unelte (axa Z) și cel al piesei (axele X' și Y').

Mișcările de rotație ale sculei se notează cu A, B, C, iar ale piesei cu A', B', C', dacă sînt executate în jurul axelor X, Y, Z ori X', Y', Z' sau paralele cu acestea.

Sensul pozitiv pentru deplasările lineare și circulare se stabilește utilizînd regula mîinii drepte (fig. 4.27).

Datorită complexității mișcărilor care se pot executa pe diferite mașini-unelte, în afară de direcțiile X, Y, Z sau X', Y', Z', denumite și primare, standardul mai definește direcțiile secundare (U, V, W) și terțiare (P, Q, R), paralele cu primele.

Pentru mișcări circulare există și un sistem de coordonate polare a cărui origine este precizată prin coordonatele I, J și K corespunzătoare axelor X, Y, Z. Acest sistem este folosit la echipamentele numerice de conturare cu interpolator circular.

Scanned with OKEN Scanner

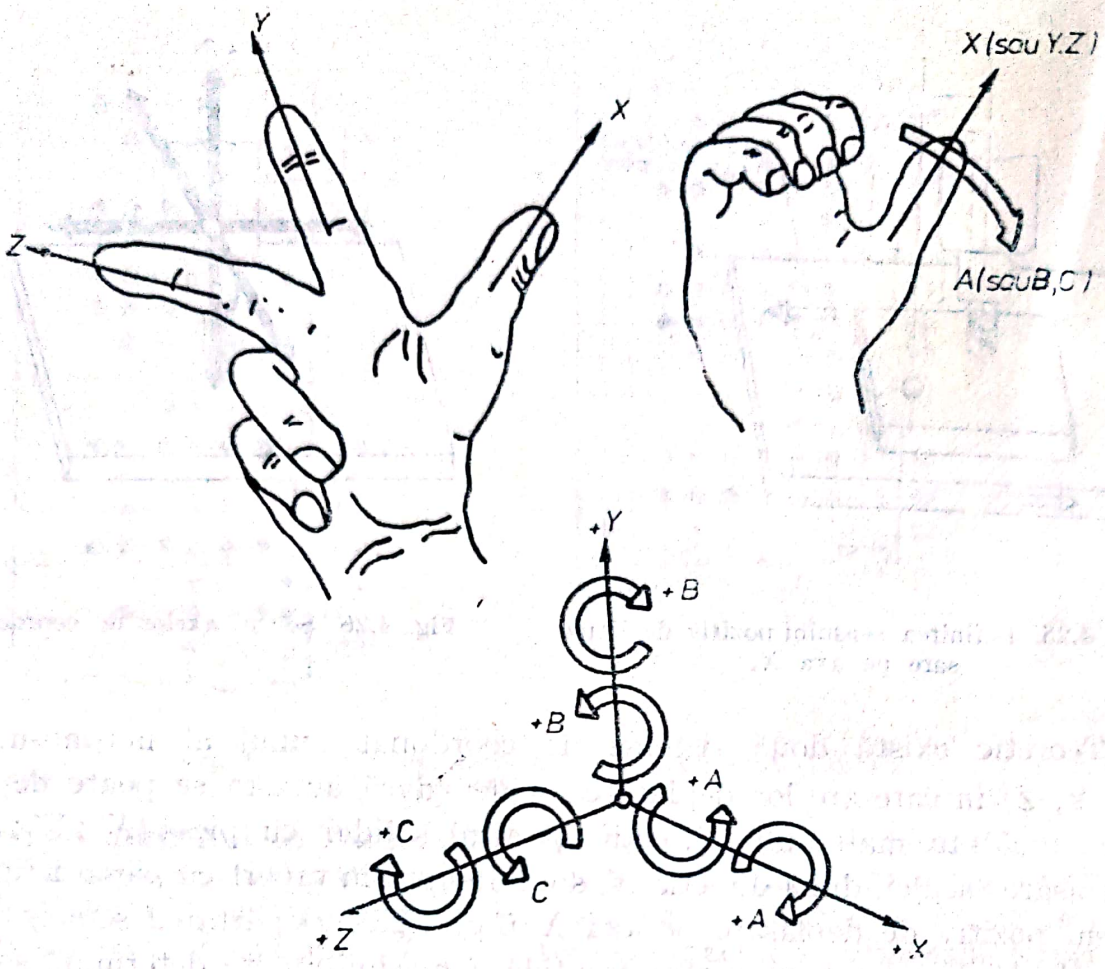


Fig. 4.27. Regula mîinii drepte de determinare a sensului pozitiv al axelor de coordonate.

În general pe maşinile-unelte nu se regăsesc toate axele precizate prin standard. Axele existente pe maşina-unealtă pot fi comandate numeric în totalitate sau numai parţial.

Frecvent se controlează două sau trei axe de coordonate. În cazul centrelor de prelucrare şi a unor maşini de frezat complexe numărul de axe controlate poate ajunge pînă la 5—6 (3 translaţii şi 3 rotaţii).

Originea sistemului axelor de coordonate ale maşinii-unelte poartă denumirea de originea maşinii (O_M), nulul maşinii sau punctul de zero al maşinii, primele două noţiuni fiind mai frecvent utilizate.

Deplasările săniilor în lungul axelor sistemului de coordonate sînt controlate prin intermediul *traductorilor de deplasare* (*EM*).

Principiile şi soluţiile de realizare a traductorilor de deplasare diferă de la o construcţie la alta. Principial se poate vorbi de două metode de măsurare (fig. 4.28) : *analog* şi *digital*. Semnalul emis de traductor, în cazul măsurării de tip analog (fig. 4.28, *a*), are o variaţie continuă. Mărimile utilizate în măsurare sînt de obicei tensiuni electrice. Variaţia semnalului pentru metoda digitală de măsurare (fig. 4.28, *b*) este discretă, prin impulsuri de tensiune. Pentru a cunoaşte poziţia saniei în raport de originea sistemului este necesar ca în construcţia acestor traductoare să fie inclus un sistem de numărare a impulsurilor [5] [39].

Scanned with OKEN Scanner

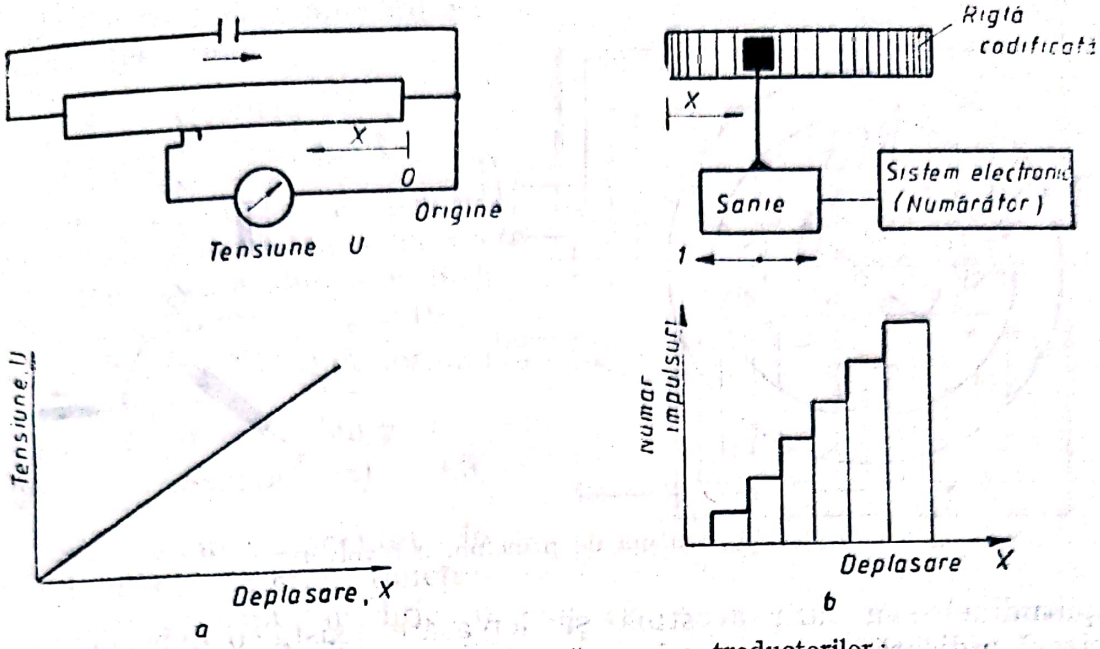


Fig. 4.28. Principiul de măsurare a traductorilor:
a — analog; *b* — digital.

După modul de codificare a riglelor, măsurarea poate fi de tip incremental sau absolut (fig. 4.29). La măsurările incrementale riglele sînt codificate binar prin alternarea unor incremente „opace" și „transparente" de lungime egală, T (fig. 4.29, *a*). Determinarea poziției saniei se realizează prin numărarea impulsurilor. Pentru poziția din figură sania s-a deplasat cu valoarea: $7142 \times 2T$. Riglele codificate absolut (fig. 4.29, *b*) indică direct poziția saniei fără a fi nevoie de un numărător. Semnalul emis de traductor este convertit, prin decodificator, într-un sistem de numerație compatibil cu prelucrarea ulterioară a sa în cadrul echipamentului *NC*.

Din categoria traductorilor de tip analog o răspîndire mai mare o au rezolverul și inductosinul [5]. Mărimea de ieșire din acești traductori este un semnal electric, de obicei o tensiune a cărei amplitudine sau fază variază în mod continuu funcție de deplasare. Între mărimea semnalului

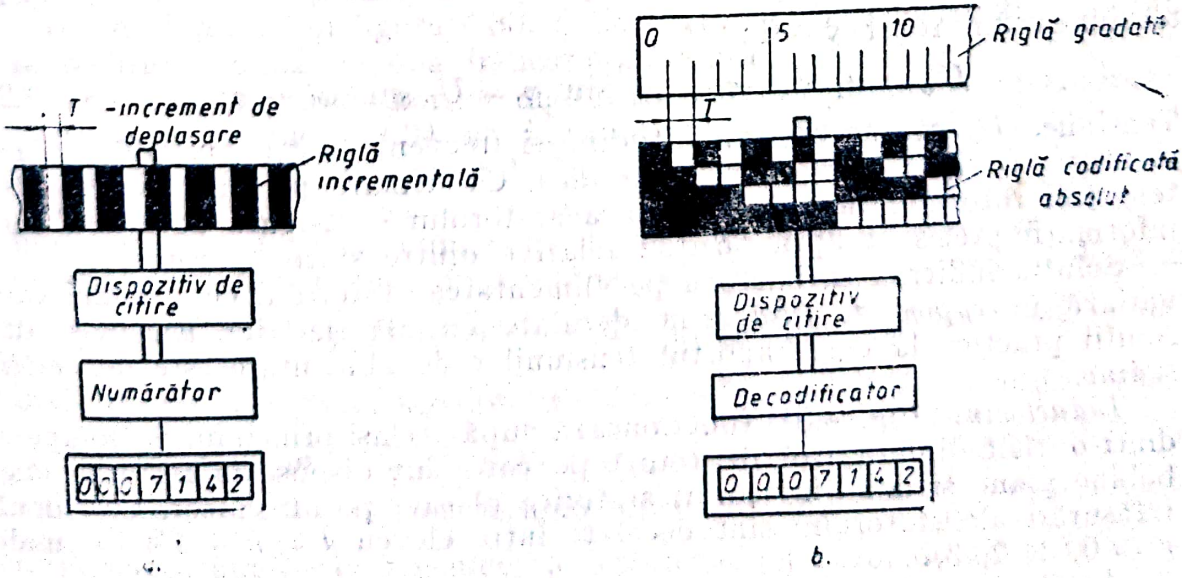


Fig. 4.29. Principiul de codificare a riglelor de măsurare:
a — incremental; *b* — absolut.

Scanned with OKEN Scanner

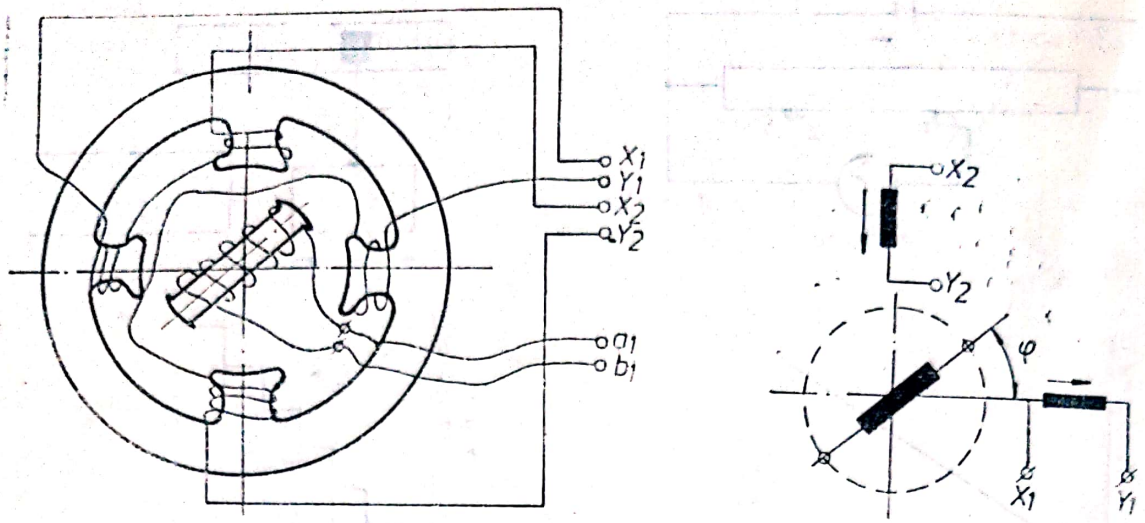


Fig. 4.30. Schema de principiu a revolverului.

(amplitudine) sau faza acestuia şi deplasare există o dependenţă bine precizată indicată, de regulă, de o funcţie trigonometrică „sin" sau „cos".

Revolverul (fig. 4.30) este alcătuit dintr-un stator şi un rotor. Statorul este format din două perechi de poli decalate spaţial între ele cu 1/2 din pasul polar (distanţa între polii unei perechi). Înfăşurările electrice a polilor diametral opuşi sînt conectaţi în serie formînd două circuite: $X_1 - Y_1$ şi $X_2 - Y_2$. Aplicînd celor două înfăşurări ale statorului cîte o tensiune alternativă simsoidală u_1 şi u_2 se vor induce curenţi în stator care vor crea două cîmpuri magnetice. Ca urmare înfăşurarea rotorică se va găsi sub influenţa ambelor cîmpuri magnetice. Raportul în care cele două cîmpuri contribuie la realizarea cîmpului magnetic total este funcţie de poziţia „φ" a rotorului faţă de una din axele magnetice ($X_1 - Y_1$). Rotorul este cuplat la şurubul conducător al maşinii-unelte. În timpul deplasării saniei liniile cîmpului magnetic vor fi intersectate producînd inducerea în înfăşurările rotorului a unei tensiuni U_0.

Dacă tensiunile de alimentare ale statorului sînt:

$$u_1 = U \sin \omega t \text{ şi } u_2 = U \operatorname{cis} \omega t, \tag{4.1}$$

tensiunea din rotor va fi:

$$U_0 = u_1 \cos \varphi - u_2 \sin \varphi = U \sin (\omega t - \varphi). \tag{4.2}$$

Tensiunea U_0 are aceeaşi amplitudine şi frecvenţă ca şi tensiunile de alimentare u_1 şi u_2, dar diferă prin fază. Ca urmare prin măsurarea fazei tensiunii rotorului faţă de tensiunea statorului se asigură obţinerea unei informaţii precise asupra poziţiei relative dintre stator şi rotor.

Soluţia indicată se bazează pe alimentarea statorului cu tensiuni care variază în *raport de fază* (sînt decalate cu 90° electric). Există şi alte soluţii practice la care raportul tensiunilor de alimentare este de *amplitudine*.

Inductosinul (fig. 4.31) funcţionează după acelaşi principiu. Se compune dintr-o riglă liniară (rol de rotor) pe care sînt dispuse înfăşurările unei bobine plane şi două înfăşurări statorice plasate pe un cursor. Cele două înfăşurări ale statorului sînt decalate între ele cu $d = n + 1/4 \cdot \tau$, unde $n = 0, 1, 2, 3, \ldots$.

Acest mod de dispunere a celor două înfăşurări permite diferite feluri de valorificare a semnalelor emise de traductor.

Scanned with OKEN Scanner

Alimentînd cele două înfăşurări cu tensiunile :

$$u_1 = U \sin \omega t \, \delta ;$$
$$u_2 = U \sin \omega t \cos \delta,$$

în care δ reprezintă poziţia unghiulară prestabilită a rotorului pentru care tensiunea indusă în acesta este zero ($U_0 = 0$). Tensiunea indusă este de forma :

$$U_0 = u_1 \cos \varphi \cdot u_2 \sin \varphi =$$
$$= U \sin \omega t \sin (\delta - \varphi). \quad (4.3)$$

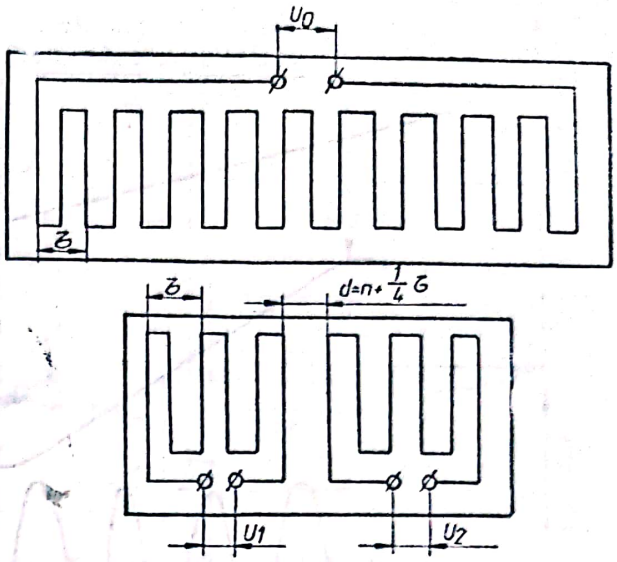


Fig. 4.31. Schema de principiu a inductosinului liniar simplu.

Inductosinul, alimentat în modul indicat anterior, funcţionează după principiul modificării raportului de amplitudine a tensiunii.

Ambele soluţii de alimentare a statorului pot fi utilizate în diferite variante, atît pentru revolver cît şi pentru inductosin.

Caracteristic pentru ambele traductoare este faptul că mărimile semnalului traductorului (faza, respectiv amplitudinea) variază ciclic utilizîndu-se în forma prezentată pentru măsurarea unor deplasări unghiulare şi liniare reduse ($\varphi \leqslant 360°$, $\Delta l \leqslant 10$ mm).

Pentru deplasări mai mari se utilizează alte construcţii avînd la bază cele două traductoare.

O construcţie specială de inductosin este cea prevăzută cu trei înfăşurări : grosieră, medie şi fină. Cele trei înfăşurări funcţionează succesiv. Cuplarea înfăşurărilor mai fine se face la anumite distanţe de anticipare din domeniul de măsurare a fiecăruia (fig. 4.32).

Există şi alte construcţii la care traductorii deja prezentaţi sînt cuplaţi mecanic în raportul de 1 : 10.

Schema de principiu pentru o astfel de construcţie, utilizînd trei revolvere este indicată în figura 4.33. Şi în cazul acestei construcţii măsurarea se realizează după metoda indicată în figura 4.32.

Din categoria traductorilor digitali o mare răspîndire o au traductorii fotoelectrici. În figura 4.34 este indicată schema de principiu a unui astfel de traductor de tip incremental. În componenţa unor astfel de traductori intră o sursă de lumină *1*, o lentilă *2*, rigla *3*, solidară cu organul în mişcare, grila *4* şi un număr de 1...4 elemente fotoelectrice. Grila şi cursorul sînt confecţionate din sticlă pe care sînt dispuse o serie de diviziuni transversale opace şi transparente, de lăţime $\frac{\Delta L}{2}$. Lăţimea totală a unei diviziuni opace şi transparente $\left(2 \cdot \frac{\Delta L}{2} = \Delta L\right)$ reprezintă pasul de divizare sau incrementul liniar. Diviziunile transparente ale grilei au aceeaşi lăţime cu cele de pe riglă dar sînt decalate între ele cu $\Delta L + \frac{\Delta L}{4}$. Prin această dispunere semnalele de tensiune ale fotoelementelor sînt decalate, între ele, în spaţiu cu $\frac{\Delta L}{4}$ ceea ce corespunde unui decalaj electric de 90°. Fiecare

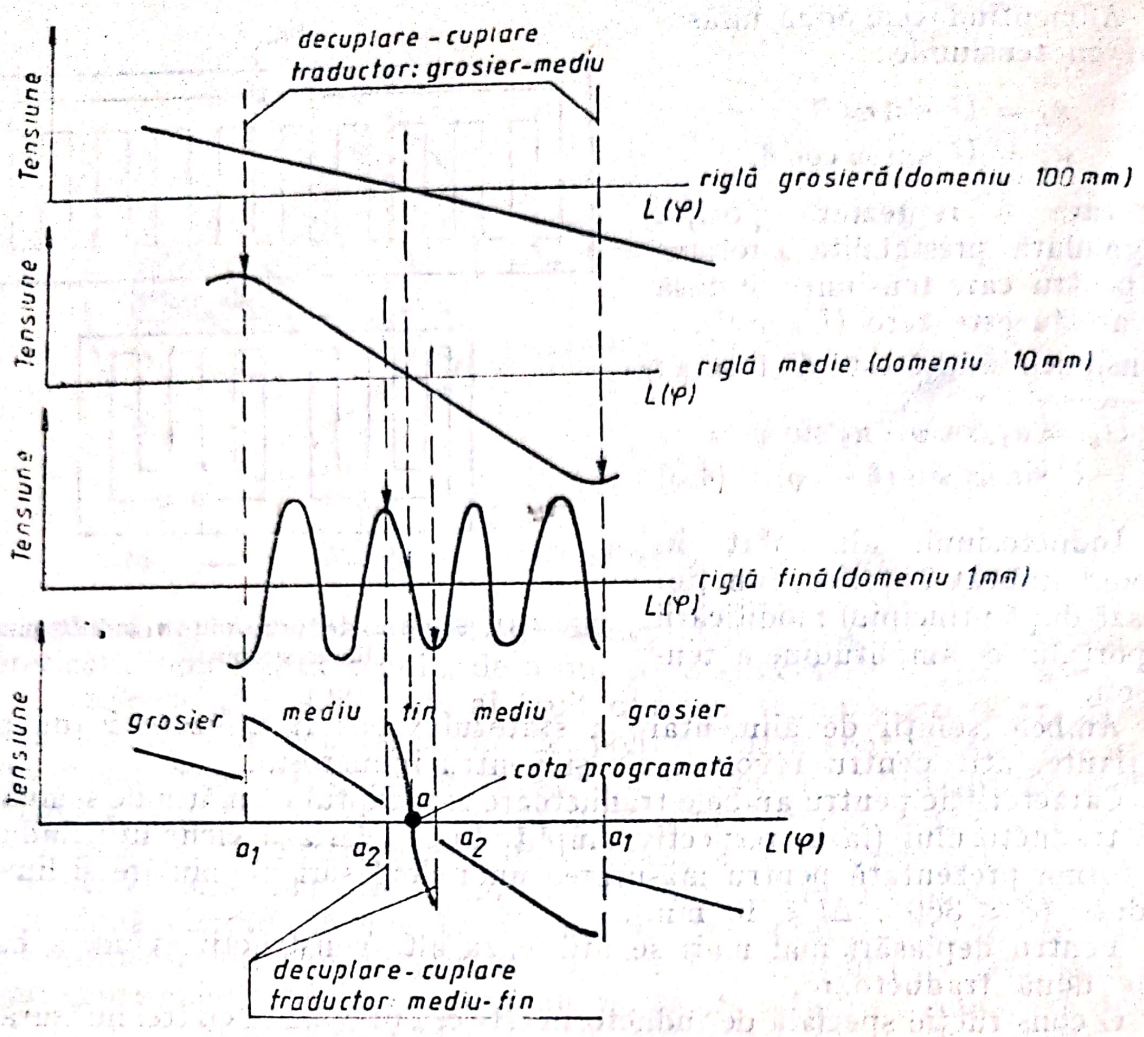


Fig. 4.32. Principiul de măsurare a inductosinului liniar triplu.

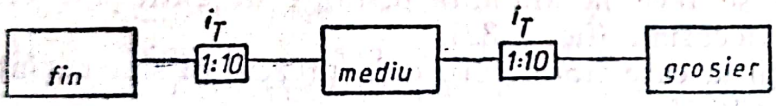


Fig. 4.33. Exemplu de cuplare a revolverelor simple.

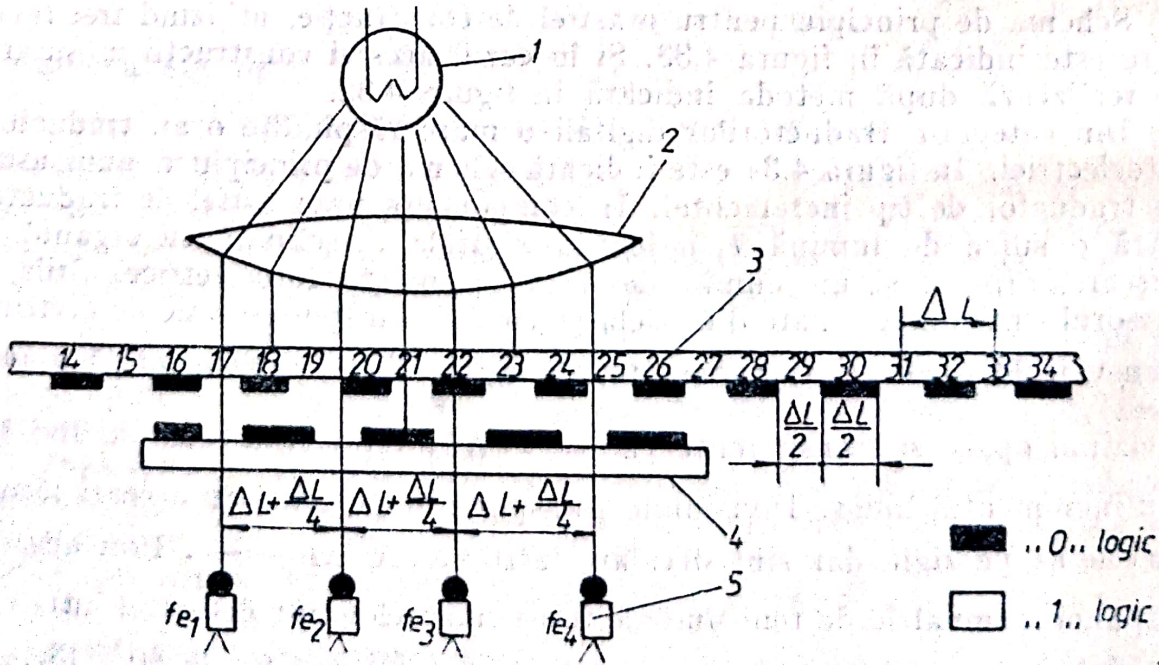


Fig. 4.34. Schema de principiu a unui traductor digital fotoelectric.

Scanned with OKEN Scanner

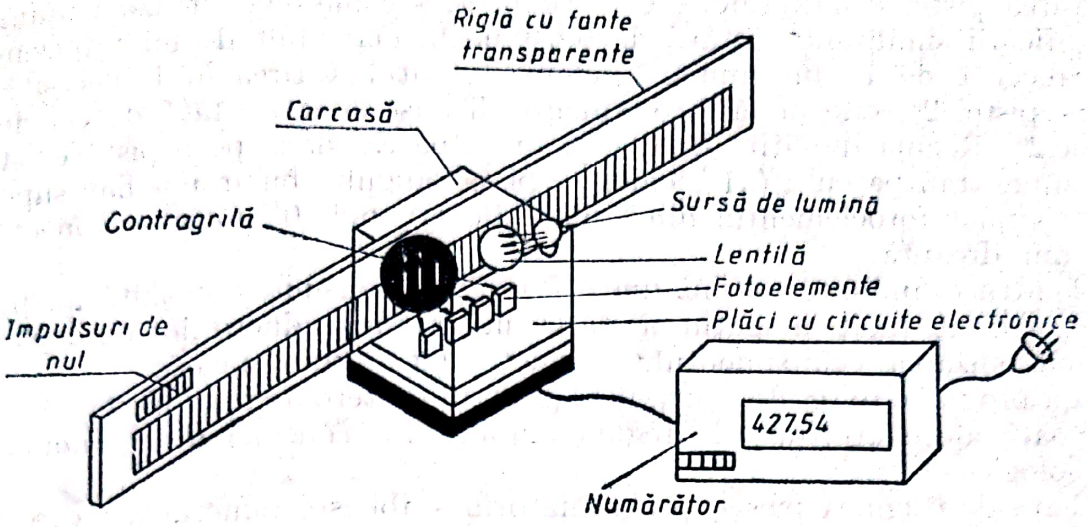


Fig. 4.35. Schema de ansamblu a unui traductor digital fotoelectric.

fotoelement parcurge un ciclu complet al nivelului de luminozitate (de la maxim la minim şi apoi la maxim) după o deplasare a riglei cu $2 \cdot \frac{\Delta L}{2} = \Delta L$. Deplasarea efectuată de sanie se determină înmulţind numărul acestor cicluri (indicate de un sumator) cu incrementul liniar. Semnalele de tensiune ale fotoelementelor sînt prelucrate, pentru a putea fi utilizate, de către diferite circuite electronice.

Schema principală de ansamblu a unui astfel de traductor este indicată în figura 4.35.

Traductoarele digitale absolute (fig. 4.36) utilizează, în locul riglei prezentate anterior, rigle codificate astfel încît să se cunoască direct numărul incrementelor de deplasare. Riglele se compun dintr-un număr de piste egal cu numărul rangurilor binare (în cazul codificării binare) necesare pentru a acoperi complet domeniul de măsurare. Pistele reprezintă practic nişte rigle incrementale a căror diviziuni alternativ opace şi transparente, din imediata vecinătate, se găsesc în raportul 2 : 1. Citirea acestor rigle se face de către fotoelemente dispuse în linie sau V. Pentru dispunerea în linie, numărul fotoelementelor este egal cu numărul pistelor riglei.

Considerînd poziţia M_1 M_2 (fig. 4.36), vor fi iluminate fotoelementele din pista corespunzătoare rangurilor 2^0, 2^2 şi 2^3. Ca urmare deplasarea măsurată va fi de: $(2^0 + 2^2 + 2^3) \cdot \Delta L = 13\ \Delta L$.

Pentru a se evita erorile de citire se utilizează diferite metode: citirea în V, utilizarea altor coduri (în fig. 4.36 s-a indicat codificarea binară),

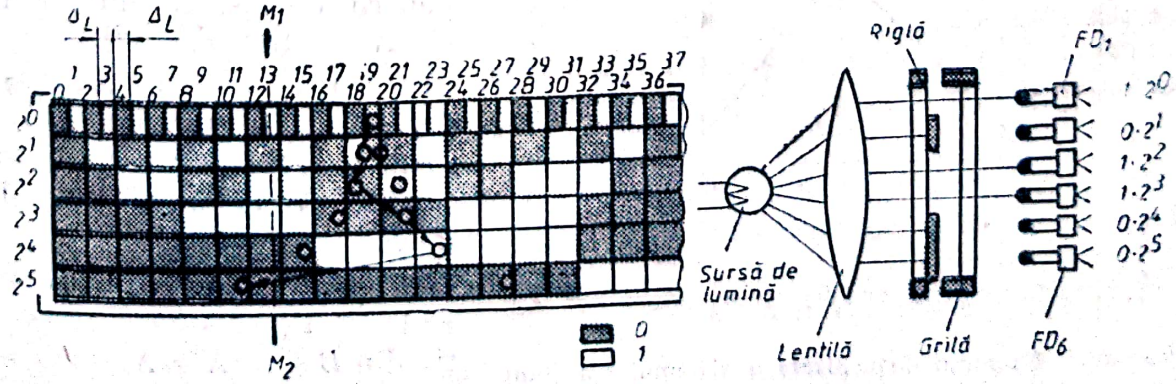


Fig. 4.36. Citirea în V.

folosirea pistei de interdicție etc. Toate aceste metode vitează eliminarea modificării simultane a stării de tensiune la mai mult de un fotoelement la trecerea de la un număr zecimal la altul. Citirea în V necesită, în afara pistei 2^0, cîte două fotoelemente dispuse simetric față de cel de pe pista 2^0. Regula de citire în V este următoarea: dacă pe o pistă există o diviziune transparentă („1" logic) pe pista rangului binar imediat superior va fi cuplat fotoelementul din stînga. Pentru un „0" logic se conectează cel din dreapta.

Pentru o anumită mașină-unealtă originea mașinii reprezintă un punct bine precizat, fixat în spațiu odată cu montarea traductorilor de deplasare și sincronizarea echipamentului numeric cu poziția aleasă.

La programare se utilizează însă punctul de zero aferent piesei. Aceasta se poate alege arbitrar, de regulă stabilit din considerente economice și tehnologice.

Față de originea piesei, programatorul stabilește punctul din care preconizează începerea prelucrării piesei.

Din cele arătate s-ar putea trage concluzia greșită că programatorul, în alcătuirea programului, nu ține seama de punctul de zero al mașinii-unelte. În realitate, echipamentele numerice oferă diferite posibilități de a se realiza așa-numita schimbare de origine. Prin aceasta, în funcție de dimensiunile pieselor, se face o translație a sistemului de coordonate al mașinii din originea mașinii în originea piesei.

Schimbarea de origine trebuie „comunicată" echipamentului numeric. După ce schimbarea de origine este activă, toate datele programate sînt prelucrate de echipamentul numeric în raport de originea sistemului de coordonate atașat piesei. Punctul de zero al piesei devine în acest fel noul punct de referință.

După precizarea noului punct de zero, toate cotele trebuie indicate față de acest punct de referință specific. Sistemul de cotare poate fi de tip incremental (în lanț) sau de tip absolut.

În sistemul incremental de cotare se precizează distanțele dintre diferite puncte, iar în sistemul absolut se indică distanțele de la punctul de referință la diferite puncte.

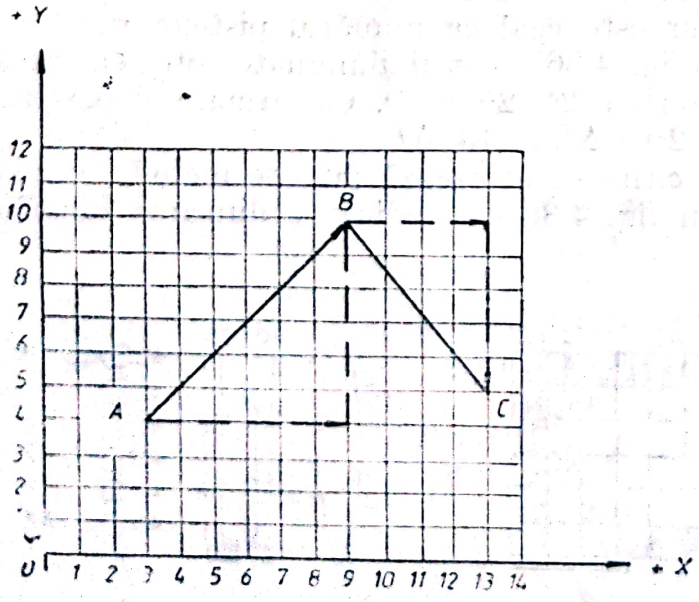


Fig. 4.37. Exemplu de utilizare a sistemului absolut și incremental de cotare.

Astfel, pentru deplasarea sculei, într-un sistem absolut, din punctul A în punctul B (fig. 4.37) este necesar să fie precizate prin instrucțiuni coordonatele punctului B ($X_B = 9$; $Y_B = 10$). Similar, pentru deplasarea din B în C ($X_C = 13$; $Y_C = 5$).

Pentru realizarea acelorași deplasări, în sistemul incremental, prin instrucțiuni se precizează distanța din A în B.

($X = X_B - X_A = +6$, $Y = Y_B - Y_A = +6$) și respectiv din B și C ($X = X_C - X_B = +4$, $Y = X_C - Y_B = -5$).

Scanned with OKEN Scanner

Orice deplasare incrementală, după o anumită direcție, este pozitivă dacă mișcarea se efectuează în sensul pozitiv al axei respective și este negativă dacă se efectuează în sens contrar.

Structura cuvintelor prin care se transmit informații geometrice cuprinde o adresă care indică axa urmată de un semn care definește direcția pozitivă sau negativă de deplasare pe axa respectivă și un grup de cifre reprezentînd cota programată. Virgula zecimală, prin care se desparte partea întreagă de cea zecimală a coordonatei, nu se marchează. Astfel, coordonata $X + 251{,}72$ în tabelul Program-piesă și implicit pe banda perforată apare sub forma $X + 25172$. Numărul de cifre care definesc conținutul comenzii este deosebit de important. Acest număr diferă de la echipament la echipament fiind precizat prin așa-numitul format de intrare. Prin formatul de intrare se definește numărul maxim de cifre programabile, precum și cele care reprezintă partea întreagă, respectiv zecimală, a coordonatei. Pentru exemplul prezentat anterior formatul de intrare, referitor la adresa X, este de tipul $X + - - -, - -$.

În cazul coordonatelor indicate printr-un număr de cifre mai mic decît cel precizat prin formatul de intrare, cifrele lipsă se completează prin zero. Din considerente economice (lungimea programului, timpul pentru perforare etc.) se completează cu zero numai o parte din cifrele lipsă. Din acest punct de vedere există sisteme numerice la care nu este necesară completarea cu zero a cifrelor lipsă din partea zecimală, dar trebuie scrise cele din partea întreagă. La alte echipamente trebuie completate numai cifrele lipsă din partea zecimală [14].

La majoritatea echipamentelor fabricate în țară se utilizează metoda cu scrierea zerourilor din partea zecimală.

Pentru a clarifica aceste modalități de înscriere a coordonatelor pe banda perforată, avînd un format de tipul 4.2. (− − − − −, − −) se consideră următoarele exemple:

Scriere normală	Scriere fără omiterea cifrelor zero	Scriere cu omiterea cifrelor zero în partea întreagă	Scriere cu omiterea cifrelor zero în partea zecimală
$X + 2551{,}47$	$X + 255147$	$X + 255147$	$X + 255147$
$Z - 650$	$Z - 065000$	$Z - 65000$	$Z - 0650$
$Y - 252{,}2$	$Y - 025220$	$Y - 25220$	$Y - 02522$
$Z - 1{,}27$	$Z - 00127$	$Z - 127$	$Z - 000127$
$X + 0{,}5$	$X + 000050$	$X + 50$	$X + 005$

Pe echipamentele numerice moderne, în afară de coordonate se pot programa și alte informații geometrice referitoare la compensarea lungimii și a diametrelor sculelor. Prin astfel de informații se pot „corecta" din exterior coordonate existente pe banda perforată în funcție de uzura și lungimea sculei.

4.2.3.3. **Informații tehnologice.** Informațiile cu caracter tehnologic referitoare la turații, avansuri și scule se programează la rîndul lor prin adrese specifice urmate de un grup de cifre.

Adresa T. Se folosește pentru programarea sculelor la prelucrare. Utilizînd adresa T se poate:

— comanda selectarea unei anumite scule codificate dintr-un magazin de scule și specifica existența (dacă este cazul) a unei corecții se sculă;

— comanda rotirii capului revolver port-scule în vederea aducerii sculei necesare în poziția de lucru;
— semnalizarea necesității de a schimba o sculă la mașinile fără magazin de scule.

Adresa *T* este urmată de un grup de două sau trei cifre prin care se pot programa un număr de 99 respectiv 999 scule.

De obicei adresa *T* este însoțită de adresa *S* în cadrul aceluiași bloc, deoarece în mod normal la schimbarea sculei se schimbă și turația.

Adresa S. Se utilizează pentru programarea unei turații într-o anumită secvență de prelucrare. Codificarea turațiilor se realizează (la acționările cu variatori discreți) printr-un grup de două cifre. Acestea reprezintă de regulă numărul de ordine a turațiilor în gama respectivă de turații.

La mașinile-unelte cu mai multe game de turații există și posibilitatea (care diferă de la o mașină-unealtă la alta) de a se codifica și gama de turații.

Adresa F. Se utilizează pentru programarea vitezei de avans, iar în unele cazuri și a avansului. Valoarea vitezei de avans se codifică prin cifrele care însoțesc adresa *F*.

4.2.3.4. **Informații auxiliare.** În afară de informațiile cu caracter tehnologic și geometric, pentru comanda unei mașini-unelte echipată cu un sistem de comandă numerică, mai sînt necesare și alte informații grupate sub denumire de informații auxiliare.

Prin intermediul unei categorii de astfel de informații se codifică comenzi pentru oprirea și pornirea arborelui principal, stabilirea sensului de rotație, a ciclului de prelucrare (strunjire, filetare, găurire etc.), a modului de răcire etc. O altă categorie de informații permit codificarea modului de deplasare (absolut sau incremental), tipul de interpolare, sistemul de programare (punct cu punct sau conturare), diferite opriri etc. În condificarea acestor comenzi se utilizează adresele *G* și *M* urmate de un grup de cifre.

Adresele *G* și *M* mai sînt cunoscute în literatura de specialitate sub denumirea de funcții pregătitoare, respectiv auxiliare. În general adresele *G* sînt utilizate în unitatea de comandă numerică cu scopul de a pregăti mașina-unealtă pentru executarea unui anumit tip de operații, într-un anumit fel, după anumite axe. Adresele *M* sînt utilizate în special de mașina-unealtă propriu-zisă.

În programare, în afară de adresele menționate anterior, se mai utilizează și adresa *N* prin care se identifică un anumit bloc. Numărul de bloc este primul cuvînt al unui bloc. El se compune dintr-o adresă (*N*) sau dintr-un caracter („:", „."), folosit ca adresă urmat de un grup de 1 la 4 cifre. Semnificația blocului este indicată prin adresa utilizată:

ISO	EIA	
:149	.149	Bloc principal;
N 157	n 157	Bloc auxiliar.

Un bloc principal trebuie să cuprindă toate informațiile necesare pornirii mașinii sau pentru începerea unei fraze de prelucrare.

Blocul auxiliar nu cuprinde decît anumite funcții de modificare.

Valoarea numărului de bloc poate fi aleasă într-un mod oarecare între 1 și 9999. Este recomandabil să se aleagă o numerotație continuă. Numărul care indică blocul este vizualizat pe panoul echipamentului numeric.

Scanned with OKEN Scanner

În ordinea numărului de bloc este permis să se facă salturi utilizînd o altă cifră în decada sutelor. Prin aceasta se pot adăuga sau modifica anumite blocuri.

La echipamentele la care este necesar să se indice tipul de bloc, în cazul unor întreruperi a programului, este posibil să se rebobineze banda pînă la ultimul bloc principal, urmînd ca reluarea programului să se facă de la acel bloc.

Există şi situaţii în cazul unor familii de piese, ca anumite blocuri programate pe bandă să nu fie necesare în prelucrarea tuturor pieselor din familia respectivă. În funcţie de regimul de funcţionare selectat pe panoul echipamentului numeric există posibilitatea ca anumite blocuri să fie tratate sau ignorate în prelucrare. Astfel de blocuri poartă denumirea de blocuri opţionale. Ele sînt notate în tabelul „Program-piesă" prin caracterul „/" plasat în faţa cuvîntului care indică numărul de bloc:

/ : 100 Bloc principal opţional;
/ N 110 Bloc auxiliar opţional.

În utilizarea blocurilor opţionale, programatorul va avea în vedere faptul că punctul de plecare pe traiectoria primului bloc opţional trebuie să fie în concordanţă cu acela al blocului neopţional apropiat [45].

Un aspect important de care programatorul trebuie să ţină seama în elaborarea programului este în legătură cu felul cum îşi menţin sau nu acţiunea unele adrese în blocurile succesive celui pe care le conţin. Adresele care îşi menţin acţiunea şi în alte blocuri sînt de tip modal. Acţiunea unei astfel de adrese se menţine pînă cînd în program apare tot o adresă modală cu un alt conţinut, în cadrul aceluiaşi tip de comandă. Spre exemplu acţiunea adresei *G 00* (poziţionare punct cu punct) poate fi înlocuită prin una din adresele *G01* (interpolare lineară) sau *G02, G03* (interpolare circulară într-un sens sau în celălalt).

Acţiunea adreselor nemodale este valabilă numai în blocul în care apar.

Există anumite echipamente numerice (şi tipul NUMEROM) la care neprogramarea nici unei adrese dintr-o anumită grupă înseamnă de fapt considerarea de către echipament a unei anumite adrese din categoria respectivă. Astfel, în cazul echipamentului NUMEROM 321 neprogramarea nici unei adrese din grupele *G24—G29, G40—45, G90—G91* etc. este sinonimă cu prelucrarea informaţiilor din program considerîndu-se adresele *G24, G40, G90* etc.

4.2.3.5. **Materiale purtătoare de program.** În comanda numerică a maşinilor-unelte o mare răspîndire o are suportul de informaţii de tipul benzilor perforate. În cele ce urmează se fac referiri numai la benzile perforate cu opt piste.

Transformarea informaţiilor pe astfel de benzi se face codificat utilizînd coduri cu opt piste. Aceste coduri provin din tehnica teleimprimatoarelor şi a maşinilor de scris americane. O largă răspîndire în comanda numerică o au codurile PC—8B (EIA) şi ISO—R (fig. 4.38). Ambele coduri sînt de tip alfanumeric. Codul ISO—R provine din codul PC—8 cunoscut în SUA sub denumirea de codul RS—358 sau mai simplu codul ASCII (American Standar Code for Information Interchange).

Diferenţele dintre codurile amintite constau în condificarea caracterelorşi în controlul parităţii numărului de găuri dintr-un rînd al benzii.

Scanned with OKEN Scanner

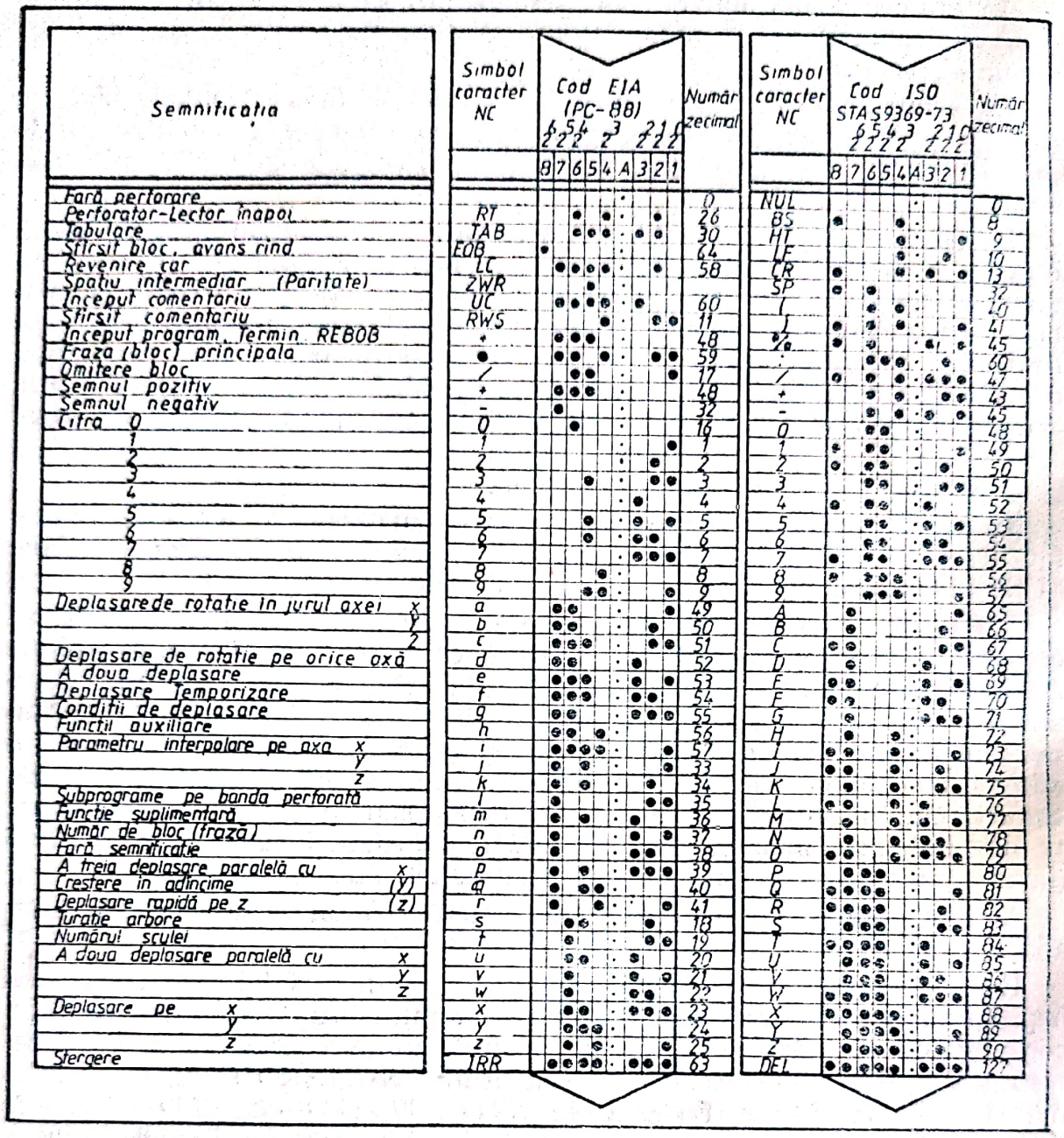


Fig. 4.38. Codurile EIA și ISO.

Fiecare pistă a codurilor are o semnificație bine precizată, fiind utilizată la codificarea numerelor, literelor și a altor semne. Destinația pistelor codului PC—8B este indicată în figla 4.39.

Primele patru coloane sînt utilizate pentru codificarea cifrelor 1, 2, 4 și 8. Avînd în vedere folosirea în programare a sistemului binar codificat zecimal *(BCD)*, celelalte cifre de la 1 la 9 se codifică prin combinarea celor patru cifre. Astfel, cifra 6 fiind suma $2^1 + 2^2 = 2 + 4 = 6$ se codifică prin perforarea (în același rînd) a două găuri, una în pista a doua și cealaltă în pista a treia.

Același mod de transpunere pe banda perforată a cifrelor este utilizat și în cadrul codului ISO. Există totuși două diferențe. Prima se referă la numărul total de perforații dintr-un rînd. Toate caracterele codificate în ISO au un număr par de găuri pe un rînd, iar în codul PC—8B

un număr impar. A doua diferenţă este în legătură cu marcarea cifrei zero pentru fiecare număr (perforaţii în coloanele 5 şi 6).

Pentru eliminarea oricăror erori în perforarea cifrelor 1, 2, 4 şi 8 (codificate printr-o singură gaură în bandă) a fost necesar ca cifra „0" să se marcheze printr-o perforaţie în coloana a 6-a (codul EIA) sau două perforaţii (în codul ISO), astfel lipsa oricărei găuri în bandă ar putea fi interpretată ca fiind cifra „0".

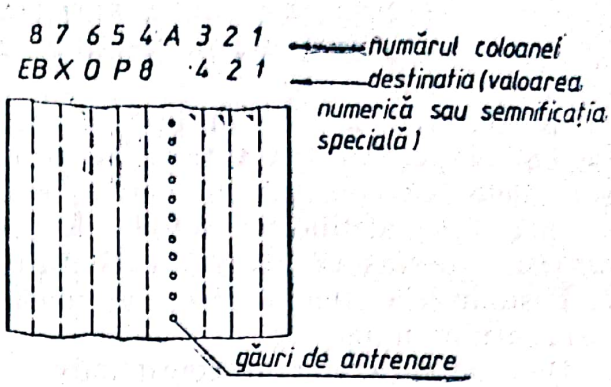


Fig. 4.39. Destinaţia pistelor în codul EIA.

Literele şi celelalte semne sînt condificate în ambele coduri utilizînd combinaţiile de găuri folosite la codificarea cifrelor la care se mai adaugă una sau două perforaţii. În cadrul codului EIA perforaţiile sînt introduse în coloanele 6 şi 7 sau numai în una din ele. La codificarea în ISO se utilizează o perforaţie în coloana a 7-a şi cîte o perforaţie în plus în coloana a 4-a pentru literele H ... O şi în coloana a 5-a pentru literele P ... Z.

Coloana a 8-a este rezervată exclusiv în cadrul codului EIA pentru codificarea sfîrşitului unui bloc (EOB), ceea ce corespunde sfîrşitului unui rînd din tabelul Program-piesă. Aceeaşi funcţie o au perforaţiile din coloanele 2 şi 4 pentru codul ISO. Caracterul utilizat este LF (Line Feed).

Perforaţiile pentru controlul parităţii sînt introduse în coloana 5 (codul EIA) şi în coloana 8 (codul ISO).

Benzile perforate, cu dimensiunile indicate în figura 4.40, pot fi executate din hîrtie specială, hîrtie specială ranforsată cu un plastic de tip Mylor, aluminiu ranforsat cu acelaşi tip de plastic sau numai din plastic.

Transpunerea prin perforare a informaţiilor pe bandă, pe baza tabelului Program-Piesă, poate fi realizată în două moduri: manual şi cu ajutorul calculatorului.

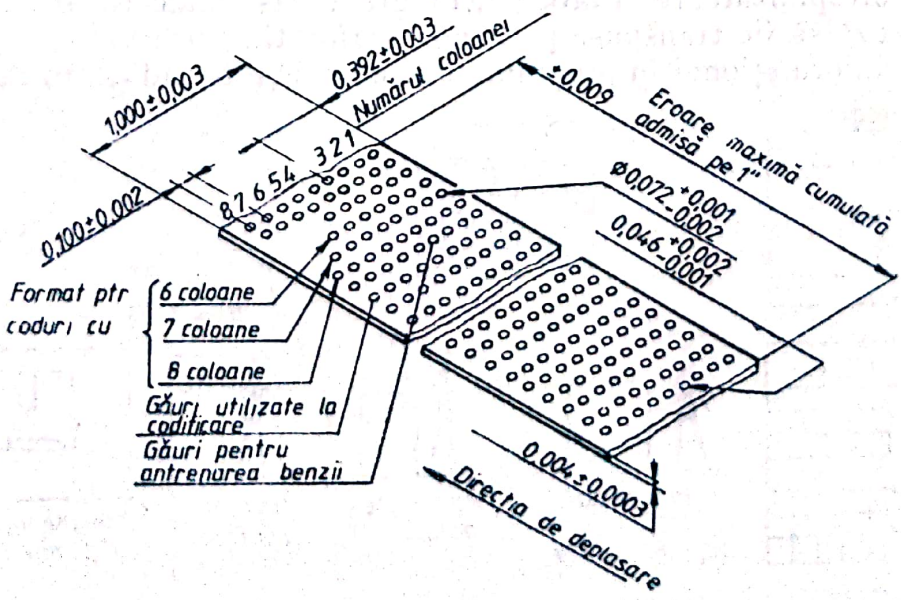


Fig. 4.40. Dimensiunile benzilor perforate cu opt piste.

Scanned with OKEN Scanner

4.3. PROGRAMAREA MANUALĂ A MAŞINILOR-UNELTE CU COMANDĂ NUMERICĂ ŞI EXPLOATAREA LOR

Activitatea pe care un programator o desfăşoară în vederea codificării pe banda perforată a tuturor informaţiilor necesare conducerii unei maşini-unelte cu comandă numerică, pentru prelucrarea parţială sau totală a unei piese, defineşte metoda de programarea manuală. Programatorul, pentru a desfăşura această activitate, trebuie să cunoască următoarele:

1. Posibilităţile tehnologice ale maşinii-unelte şi caracteristicile echipamentului numeric;
2. Denumirea axelor de coordonate;
3. Echipamentul de perforare a benzii;
4. Modul de codificare, a tuturor instrucţiunilor, cerut de echipamentul numeric care include:
   a. formatul benzii perforate:
      — tipul de format;
      — numărul maxim şi minim de caractere admise pentru toate codurile;
      — lungimea maximă a blocului;
      — ordinea de programare a diferitelor adrese în cadrul blocului;
      — codificarea şi semnificaţia funcţiilor pregătitoare şi auxiliare;
      — codificarea turaţiilor şi avansurilor;
   b. parametrii speciali de programare:
      — sistem absolut sau incremental;
      — interpolare circulară şi/sau lineară;
      — consideraţii în legătură cu accelerarea şi decelerarea mişcărilor;
      — limitări ale cititorului de bandă;
      — calculul traiectoriei sculei;
      — alte posibilităţi speciale sau opţionale ce pot influenţa programarea şi elaborarea benzii.

Conducerea maşinii-unelte fiind asigurată de echipamentul numeric, programatorul trebuie să definească toate fazele necesare prelucrării şi să le descrie în succesiunea lor firească de execuţie.

Fiecare fază de prelucrare este descrisă de programator prin intermediul unor instrucţiuni codificate. Aceste instrucţiuni, înscrise în modul şi succesiunea corespunzătoare în tabelul „Program-piesă", alcătuiesc informaţiile care urmează să fie transpuse pe banda perforată.

Fluxul informaţional în programarea manuală este indicat în figura 4.41.

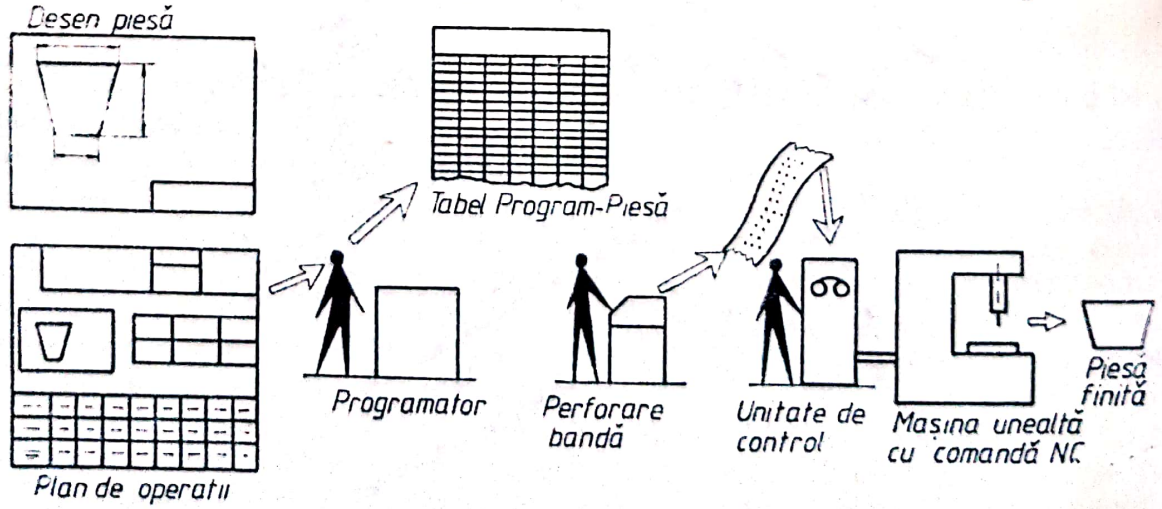


Fig. 4.41. Fluxul informaţional în cadrul programării manuale.

Scanned with OKEN Scanner

Determinarea informațiilor geometrice constituie partea cea mai laborioasă și dificilă a întregii munci de programare. În stabilirea lor este necesar ca programatorul să aibă în vedere faptul că scula trebuie deplasată după anumite traiectorii care pot să apară direct din desenul piesei sau să fie calculate. În cazul unor prelucrări ce se execută pe mașini *NC* de poziționare și prelucrări după o singură axă este important să se localizeze precis punctele în care are loc așchierea. Conturul piesei, în astfel de situații, nu implică probleme deosebite.

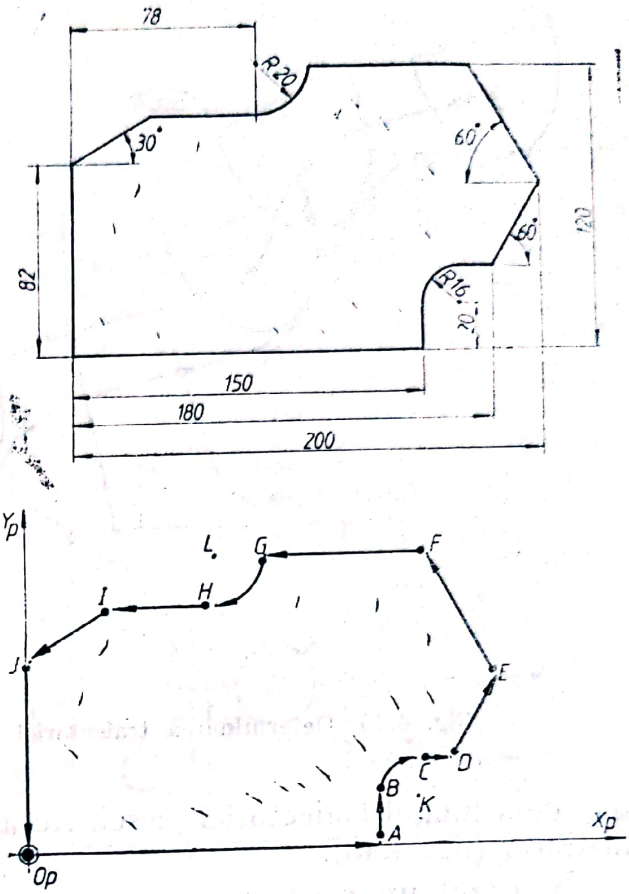


Fig. 4.42. Exemplu de descompunere, în elemente geometrice, a conturului unei piese:
a — desenul piesei; *b* — elementele geometrice care alcătuiesc conturul.

La conturare scula trebuie să fie deplasată după o traiectorie care în principiu corespunde cu conturul piesei. Pentru a putea descrie o astfel de traiectorie este necesar să fie descompusă în elemente geometrice componente (segmente de dreaptă, arce de cerc, arce de parabolă, etc.). Programarea executării elementelor componente ale conturului poate fi realizată direct sau prin aproximări în funcție de tipul interpolatoarelor existente în unitatea *NC*.

În figura 4.42 s-a indicat un exemplu caracteristic de descompunere a conturului piesei pentru prelucrări prin frezare. Prin alegerea sistemului de coordonate cu originea în O_p rezultă direct coordonatele următoarelor puncte de pe contur:

Punctul:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
x	150	150	—	180	200	—	—	78	—	—	—	78
y	0	20	—	—	—	120	120	—	—	82	20	120

Prin calcule simple se pot determina următoarele coordonate:

$x_C = x_K = x_A + 16 = 150 + 16 = 166$;
$y_C = y_D = y_B + 16 = 20 + 16 = 36$;
$y_E = y_D + 20 \operatorname{tg} 60° = 36 + 34{,}60 = 70{,}60$;
$x_F = x_E - (120 - y_E)\operatorname{tg} 30° = 200 - 28{,}5 = 171{,}5$;
$x_G = x_L + 20 = 78 + 20 = 98$;
$y_G = 120 - 20 = 100$;
$y_H = 120 - 20 = 100$;
$y_I = y_H = 100$;
$x_I = x_J - (y_I - y_J)$ ctg. $30° = 0 + 18$ ctg $30° = 31{,}14$.

După determinarea acestor coordonate, programatorul trebuie să determine coordonatele corespunzătoare centrului sculei în deplasarea aces-

Scanned with OKEN Scanner

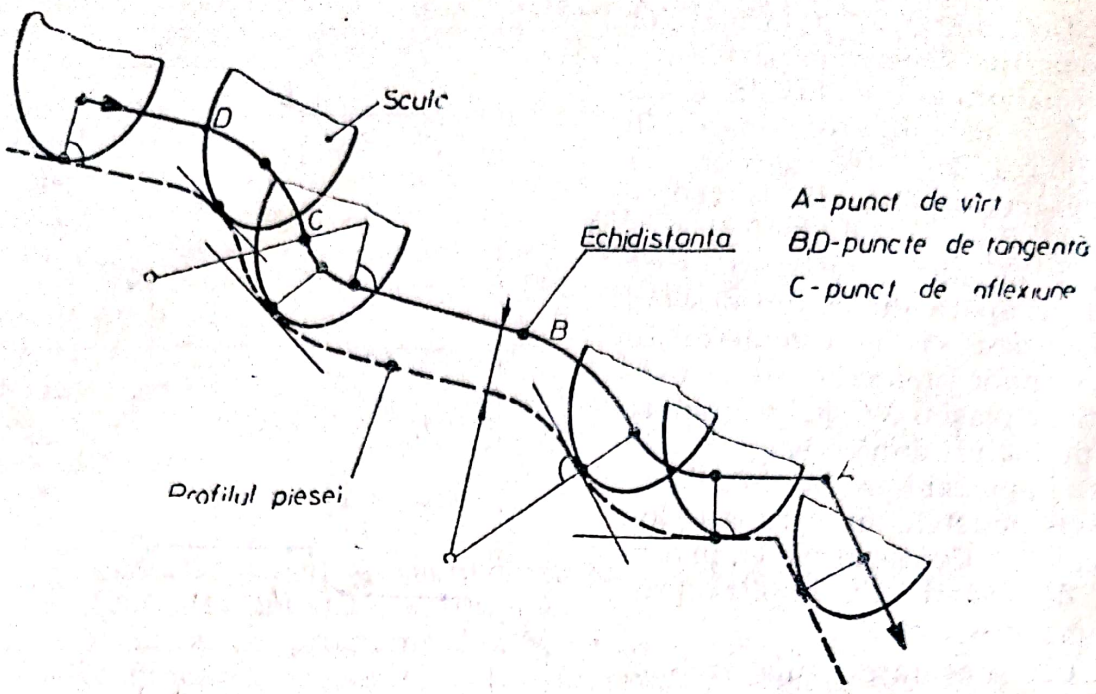


Fig. 4.43. Determinarea traiectoriei centrului sculei — Echidistanta.

teia de-a lungul traiectoriei piesei. Această traiectorie se mai numeşte echidistantă (fig. 4.43).

În cazul unor prelucrări după direcţii paralele cu axele nu intervin probleme deosebite în calculul punctelor de pe echidistantă. Pentru deplasările după direcţii diferite de axele maşinii ca şi la racordarea unor curbe, calculul trebuie executat foarte atent pentru a evita deformarea conturului piesei. Metodele de calcul în astfel de situaţii se vor ridica în § 4.3.2.

4.3.1. Programarea echipamentelor numerice de tipul punct cu punct şi prelucrare liniară

Pe maşinile-unelte dotate cu astfel de echipamente numerice se pot realiza operaţii de găurire în coordonate, frezare după conture rectangulare, tarodare, alezare, lamare etc.

Maşinile-unelte dotate cu echipamente numerice de tipul *punct cu punct* se găsesc într-o mare varietate în ceea ce priveşte numărul axelor comandate numeric (2 sau 3), modul de introducere a programului (cu bandă sau manual de pe panoul echipamentului), tipul de informaţii programabile (dimensionale, adimensionale) etc. Comun acestei categorii de maşini-unelte este faptul că se utilizează pentru operaţii de burghiere în coordonate.

Pentru a exemplifica modul de programare se consideră prelucrarea piesei din figura 4.44 pe maşina GP—45NC.

Pe panoul de operare convenţional se programează turaţia şi viteza de avans aferente burghierii (prelucrare pe axa Z, necontrolată numeric).

Pentru programarea deplasărilor pe axele X şi Y se utilizează echipamentul *NC*, de tipul NUMEROM 310.

Originea sistemului de coordonate se alege în centrul alezajului Ø 40.

Față de această poziție se indică, în tabelul de programare (fig. 4.45), coordonatele celor patru găuri Ø 10. Pentru realizarea operațiilor de prelucrare propriu-zisă este necesar ca în prealabil să fie îndeplinite fazele de pregătire pentru lucru a mașinii-unelte și a echipamentului. Aceste faze se referă la orientarea piesei după axele de coordonat și fixarea acesteia și apoi la efectuarea deplasării de origine.

Pentru alinierea piesei se poate utiliza un dorn sau un ceas comparator montat în arborele principal.

Deplasarea de origine, din originea mașinii în originea piesei, presupune următoarele etape:

— inițializarea mașinii prin ducerea mesei pe axele X și Y în punctul de sincronizare (originea mașinii);

— deplasarea succesivă pe axele X și Y pînă în originea piesei;

— preluarea de echipament a noii origini.

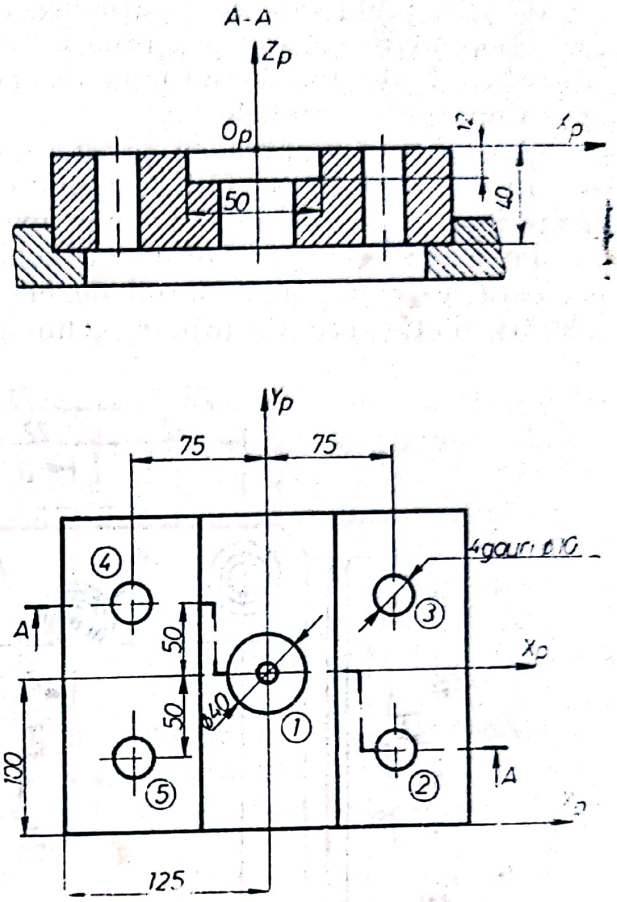


Fig. 4.44. Piesă model pentru programarea echipamentelor *NC* de tipul punct cu punct.

Preluarea originii se realizează prin poziționarea selectorului ciclu de funcționare pe poziția preluare origine și manevrarea comutatorului decadic, de pe fiecare axă, pînă cînd afișajul indică valoarea zero.

Piesa Nr. 1248 Tabel Program-piesă Data:
Denumire: Placă Format: $X^{\pm}$ — — —,— $Y^{\pm}$ — — —,— Ma
Verificat:

Numar secvență prelucrare	X	Y	Observații
1	0	0	Se prelucrează ①: ø 40, V=20 mm/min; n=160 rot/min ; W=16 mm/min
2	7500	- 5000	Se prelucrează ②: ø10; V=20 mm/min; n=450; W 36 mm/min
3	(7500)	5000	Se prelucrează ③
4	-7500	(5000)	Se prelucrează ④
5	(-7500)	-5000	Se prelucrează ⑤

Fig. 4.45. Tabelul Program-piesă pentru exemplul din figura 4.44.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru prelucrare se poziţionează comutatorul pe ciclu de programare selecţionînd o axă, se programează valoarea deplasării prin comutatorul decadic şi se apasă butonul de pornire. Ciclul se repetă pentru toate poziţionările pe ambele axe.

Se impune remarca că programarea trebuie făcută în sistem absolut.

În figura 4.45. se indică numai operaţia de prelucrare prin burghiere. Anterior acestei operaţii trebuie executată centruirea.

Pe maşinile-unelte dotate cu echipamente de *prelucrare liniară* se pot executa o gamă mai largă de operaţii: găurire în coordonate, frezări, alezări, filetări etc. Ca urmare echipamentele numerice sînt mai complexe.

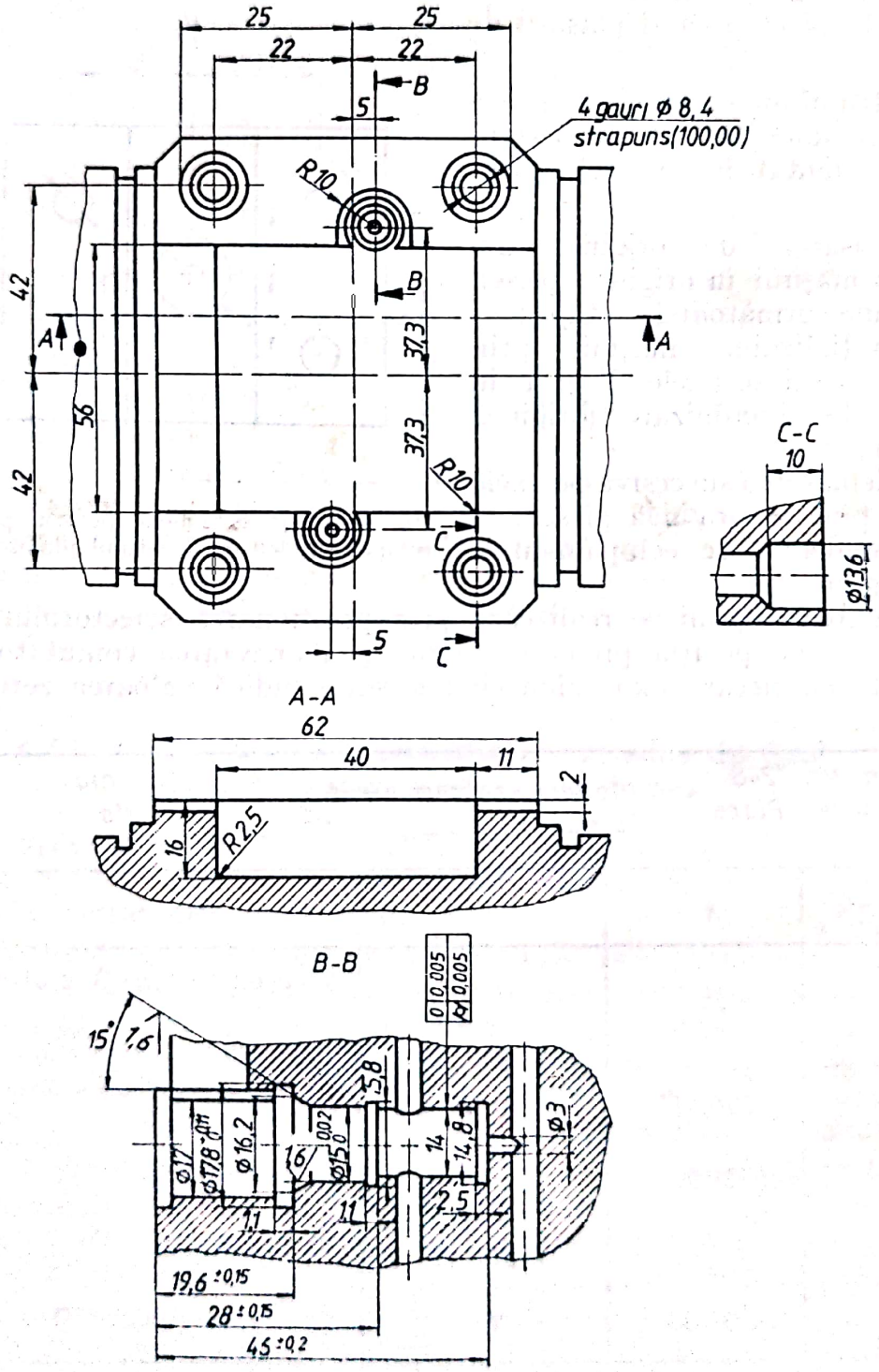


Fig. 4.46. Piesă model pentru programarea *ECN* de tipul prelucrare liniară.

Scanned with OKEN Scanner

De regulă sînt comandate numeric trei axe (sau chiar patru — axa de rotaţie), iar introducerea programului se face prin intermediul benzii perforate. Pe astfel de echipamente se pot programa atît informaţii dimensionale cît şi adimensionale.

Pentru o exploatare corespunzătoare a acestei grupe de maşini-unelte trebuie să fie cunoscute performanţele dinamice (în legătură cu intensitatea regimului de aşchiere) şi posibilităţile de programare (în legătură cu reducerea timpului auxiliar şi de realizare a benzii perforate).

Ca exemplificare a modului de întocmire a programului pentru aceste maşini-unelte se consideră piesa din figura 4.46. Prelucrarea se execută pe maşina GPR—45 NC [44].

Prelucrările pe astfel de echipamente implică utilizarea mai multor scule, de lungimi diferite. Ca urmare, pe axa Z nu se poate realiza o deplasare de origine ca şi în cazul axelor X şi Y. Sculele fiind de lungimi diferite trebuie astfel concepută această „deplasare de origine" încît vîrful fiecărei scule să se găsească în originea piesei, pe axa Z. Pentru a realiza acest deziderat se apelează la aşa-numita *corecţie de lungime a sculei*. Prin intermediul corecţiilor de lungime a sculei se compensează diferenţele dintre lungimea sculelor utilizate (distanţa dintre suprafaţa frontală a arborelui principal şi vîrful sculei).

Corecţiile se introduc prin adresa D urmată de un grup de două cifre. Valoarea fiecărei corecţii se stabileşte la omologarea programului (fig. 4.47) şi se introduce manual prin anumite taste de pe panoul echipamentului NC.

Valoarea determinată pentru fiecare corecţie se adună sau se scade la valoarea de NUL în funcţie de programarea adresei G *43* sau G *44*.

Pentru determinarea valorii corecţiilor de lungime se procedează astfel:

— se stabileşte arbitrar o poziţie a capului revolver, între $Z_M = 0$ şi punctul de referinţă, definită prin L_{NUL}. Se activează această deplasare de origine prin manevrarea corespunzătoare a tastelor de pe panoul echipamentului NC. Afişajul general indică, în urma acestor manevrări, valoarea zero pe axa Z;

— se aduce scula nr. 1 în poziţie de lucru şi se deplasează pînă cînd vîrful acesteia este în planul $Z_p = 0$. Valoarea indicată pe afişaj (axa Z) indică tocmai valoarea algebrică a corecţiei de sculă dacă în programare s-a utilizat adresa G *43*. Dacă afişajul indică, de exemplu, valoarea — 150000, corecţia D01 (pentru scula nr. 1) va fi:

$L_1 = -$ D01, D01 $= +$ 150.000 utilizînd adresa G *43*

$L_1 = +$D01 D01 $= -$150.000 utilizînd adresa G *44*.

La întocmirea programului se disting două faze diferite:

— pregătirea informaţiilor;

— codificarea acestora şi elaborarea benzii perforate.

În cadrul primei faze se stabileşte itinerarul tehnologic, parametrii de aşchiere şi informaţiile

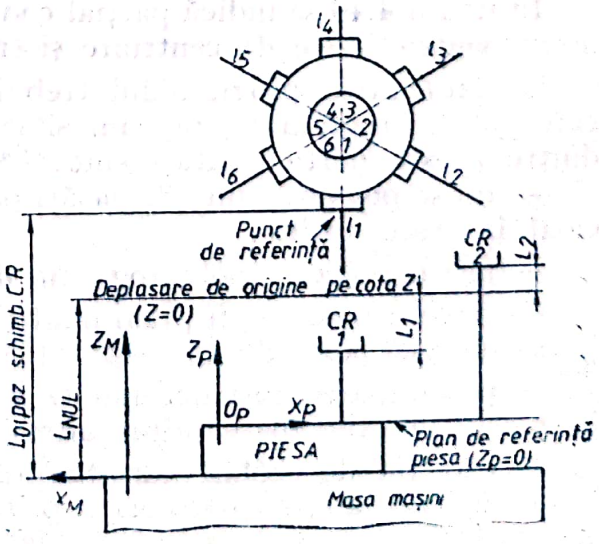


Fig. 4.47. Determinarea valorii corecţiei de lungime a sculei.

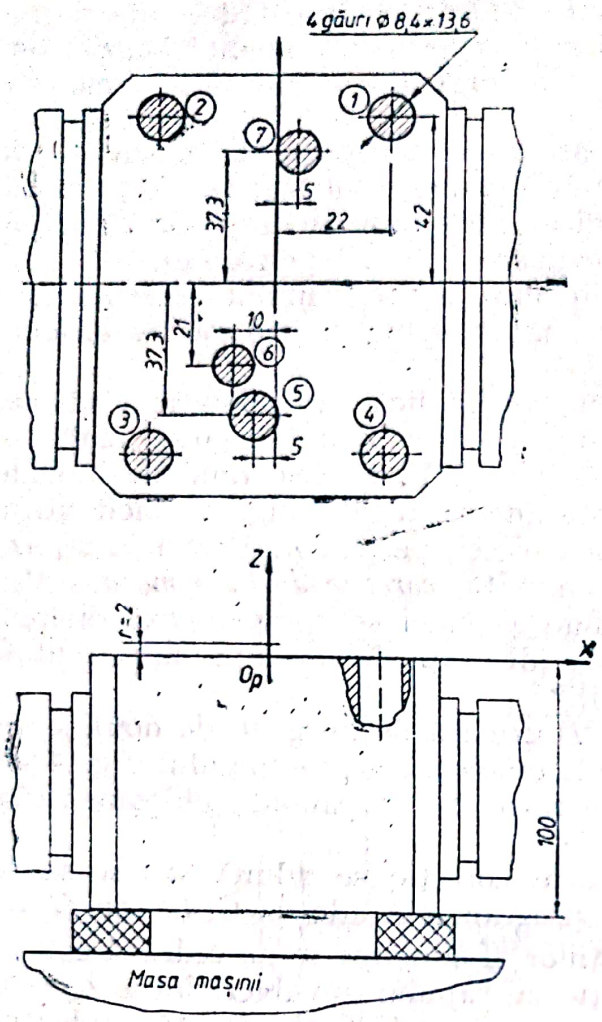


Fig. 4.48. Zonele de prelucrare pentru piesa din figura 4.46.

geometrice aferente. Succesiunea prelucrărilor se poate clasifica în două tipuri de operații: burghiere și frezare. În cadrul operației de burghiere (fig. 4.48) se disting următoarele faze:

1. Centruirea celor șapte găuri. Gaura nr. 6 este o gaură tehnologică pentru angajarea frezei deget. Parametrii tehnologici: $v = 15$ m/min.; $s = 0{,}1$ mm/rot. Pentru un burghiu de centruire (scula T01) cu $Ø = 5$ mm rezultă: $n = 954$ rot/min (se alege S09 = 900 rot/min, iar $w = 900 \cdot 0{,}1 = 90$ mm/min, deci F 90;

2. Burghiere Ø 8,4 × 104 (scula T02) în punctele 1, 2, 3, și 4: pentru $v = 20$ m/min, $s = 0{,}08$ mm/rot, rezultă $w = 50$ mm/min (F 50);

3. Burghiere Ø 13,6/8,4 (scula T03) în punctele 1, 2, 3 și 4: pentru $v = 20$ m/min, $s = 0{,}08$ mm/rot, rezultă S07 și F 36.

4. Burghiere Ø 13 (scula T04) în punctele 5, 6, 7. Se va utiliza regimul din cadrul fazei 3.

În cadrul operației de frezare se disting două faze:

5. Frezare plană la adîncimea de 2 mm cu o freză Ø 20 (scula T05).

6. Frezare buzunar la adîncimea de 16 mm cu o freză deget Ø 20 (scula T06).

Pentru ambele faze se adoptă $v = 25$ m/min și $s = 0{,}35$.

În figura 4.49 se indică parțial codificarea informațiilor necesare programării pentru fazele de centruire și frezare plană.

La întocmirea programului trebuie să se aibă în vedere informațiile care pot fi programate, precum și particularitățile în programare. Cîteva dintre aceste particularități sînt:

— nu se pot programa deplasări pe axele *X*, *Y* sau *Z* cu arborele principal în stare oprită;

— într-un bloc se pot programa deplasări numai după o singură axă;

— într-un bloc pot fi programate mai multe adrese *G* sau *M* cu condiția să nu facă parte din aceeași grupă;

— programarea instrucțiunii *G 43*(G44) trebuie făcută cel mai tîrziu în blocul în care apare prima adresă *D*;

— corecția de sculă, indicată prin adresa *D*, trebuie programată în blocul în care apare programată prima dată axa la care se referă corecția.

Programul, parțial, aferent prelucrării fazelor de centruire și frezare

Scanned with OKEN Scanner

Faze de prelucrare	X	Y	Z	R	S	F	T	D
1. Centruire poziția ①	22000	42000	-5000	2000	09	90	01	01
②	-22000	42000	-5000					
③	-22000	-42000	-5000					
④	22000	-42000	-5000					
⑤	-5000	-37300	-5000					
⑥	-10000	-18000	-5000					
⑦	5000	37300	5000					
5. Frezare plana	-52000	+18000	-2000					
	5000	37300	-2000					
	52000	0	-2000					
	-52000	0	-2000					
	-52000	0	-2000					
	-52000	-18000	-2000					
	5000	-37300	-2000					
	52000	-18000	-2000					
6. Frezare buzunar								

Fig. 4.49. Fazele de prelucrare a piesei din figura 4.46.

plană pentru piesa din figura 4.46, întocmit în conformitate cu cele indicate anterior, este următorul:

```
%
N01     S09     T01   M03   M06
N02     G00     X 22000
N03             Y 42000
N04     G81     G43 Z — 5000 R 2000 D01 F 90
N05             X — 22000
N06             G 81
N07             Y — 42000
N08             G 81
N09             X22000
N10             G81
N11             X — 5000
N12             Y — 37300
N13             G81
N14             X — 10000
N15             Y — 18000
N16             G81
N17             X 5000
N18             Y 37300
N19             G81
N20             G80   S08   T02   M06
.
.
.
N48             G80   S06   T05   M06
N49             X — 52000
N50             Y — 18000
N51             Z — 2000 D05
```


Scanned with OKEN Scanner

```
N52        G01 X 5000 F 110
N53        G01 Y 37300 F90
N54        Y 1800
N55        G01 X + 52000 F110
N56        Y0
N57        G01 X — 52000 F110
N58           Y — 18000
N59        G01 X — 5000 F 110
N60        G01 Y — 37300 F90
N61           Y — 18000
N62        G01 X + 52000 F 110
N62        S06   T06   M06
.
.
.
N88        M30
```

4.3.2. Programarea echipamentelor numerice de conturare

Modul în care pot fi controlate axele în timpul deplasării sculei diferențiază net echipamentele numerice de conturare de cele punct cu punct. La sistemele de conturare scula poate fi comandată să execute mișcări continue, controlabile simultan după mai multe axe.

La conturare sculele se deplasează, de obicei, după traiectorii care aproximează curbele profilului teoretic al piesei. Cele mai frecvente curbe utilizate în aproximare sînt : dreapta, cercul și mai rar, parabola sau elipsa. Programatorul trebuie să furnizeze echipamentului numeric un număr minim de informații prin care să precizeze coordonatele punctului inițial și al celui final între care are loc deplasarea, precum și anumite date privind definirea matematică a conturului piesei ce urmează să se aproximeze.

Informațiile de deplasare trebuie precizate pentru fiecare curbă geometrică elementară (linie, cerc) ce intră în componența conturului.

Pentru a furniza aceste informații programatorul trebuie să efectueze o muncă laborioasă de calcul.

Pe baza informațiilor amintite, echipamentul numeric calculează punctele intermediare privind deplasarea săniilor pe axele respective, între punctele limită ale segmentului curbei de aproximare. În cadrul echipamentului numeric calculul punctelor intermediare se realizează, pe baza unor formule de aproximare, de către interpolator. În funcție de traiectoria parcursă de sculă între punctele extreme ale segmentului există :

— interpolare liniară (scula se deplasează după traiectorii liniare de orice pantă) ;

— interpolare circulară (scula se deplasează după arce de cerc) ;

— interpolare parabolică (scula se deplasează după segmente de parabolă — mai rar utilizată).

Interpolarea după segmente de elipsă sau curbe definite prin puncte nu se tratează deoarece metoda este foarte rar folosită.

4.3.2.1. **Conturare prin metoda interpolării lineare.** La aproximarea curbelor prin segmente drepte trebuie impuse astfel de toleranțe de calcul încît prelucrarea să se încadreze în toleranțele de execuție impuse prin

Scanned with OKEN Scanner

desenul piesei. Segmentele de aproximare a curbelor teoretice pot fi tangente, secante sau coarde.

Pentru ilustrarea metodei de aproximare prin interpolare liniară se prezintă cazul particular al aproximării unui cerc [1].

Semnul toleranței de calcul precizează care din cele trei tipuri de segmente urmează să fie utilizat (fig. 4.50). Toleranța este pozitivă în cazul tangentei, negativă în cazul coardei și pozitivă și negativă în cazul secantei.

Lungimea segmentelor de aproximare și implicit unghiul la centru corespunzător determină toleranța de calcul.

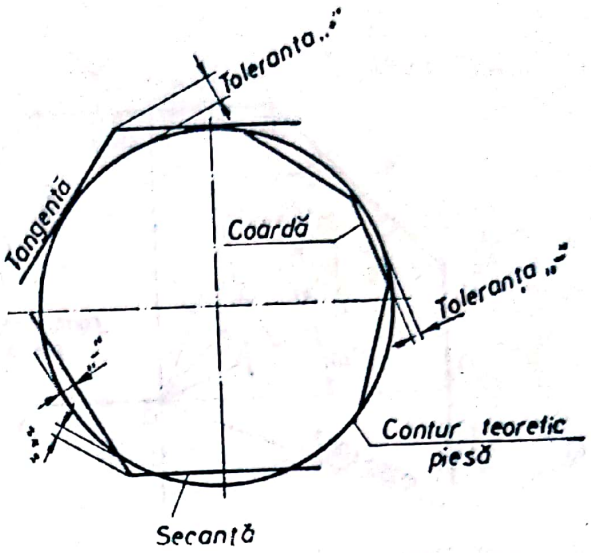


Fig. 4.50. Metode de aproximare a curbelor prin segmente de dreaptă.

Considerînd pentru aproximarea unui cerc, coarda de aproximare AC, avînd mijlocul în B, din figura 4.51 rezultă:

$$R = r_p + r_s;$$
$$OB = R - \Delta;$$
$$AB = \sqrt{AO^2 - OB^2} = \sqrt{R^2 - (R-\Delta)^2} = \sqrt{2R\Delta};$$
$$AC = 2 \cdot \sqrt{2R\Delta};$$
$$\hat{\theta} = 2 \cdot \arccos \frac{R-\Delta}{R}.$$

La acest rezultat se ajunge neglijînd termenul Δ^2 (în cazurile practice, eroarea de profil Δ are valori de ordinul sutimilor). *Exemplu.* Pentru aproximarea unui arc de cerc de 120°, de rază $R = 14$ mm, cu o toleranță de calcul $\pm 0{,}1$ mm, la prelucrare cu o freză de $\varnothing 4$ mm rezultă un unghi la centru $\hat{\theta} = 4°3'$. Coarda corespunzătoare acestui unghi nu poate fi utilizată pentru aproximare deoarece arcul de 120° nu poate fi împărțit într-un număr întreg de părți egale. Ca urmare, se va adopta în calcule un-

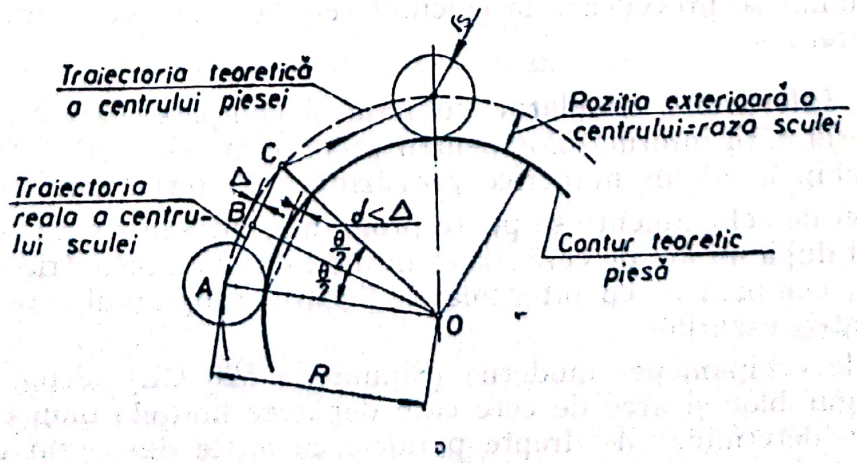


Fig. 4.51. Calculul coardei de aproximare.

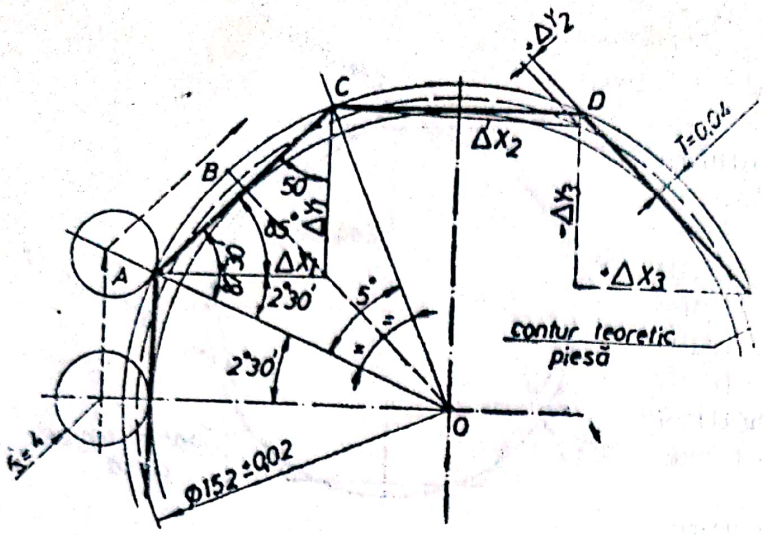


Fig. 4.52. Exemplu de aproximare a conturului unei piese circulare.

ghiul de 4° căruia îi corespund 30 de segmente de dreaptă cu care se aproximează curba în limitele impuse de toleranță.

Din figura 4.51 se observă că eroarea de aproximare descrisă de centrul sculei este mai mare decît eroarea rezultată pe piesă. Cu cît diametrul sculei este mai mare, la aceeași eroare de aproximare Δ, cu atît eroarea rezultată pe piesă va fi mai mică.

În mod similar se pot deduce și valorile lungimii segmentului de aproximare și unghiul la centru și pentru metodele de aproximare prin tangentă și secantă.

În programarea propriu-zisă se utilizează incrementele de deplasare după axele X și Y care se pot calcula pe baza lungimii și unghiului la centru a segmentelor de aproximare. Valorile calculate se introduc în tabelul „Program-piesă". Unitatea de comandă numerică, pe baza lor și a adresei $G01$, comandă deplasarea sculei după direcția corespunzătoare.

Exemplu. Se consideră aproximarea conturului circular al unei piese $\varnothing\ 152 \pm 0{,}02$ prin metoda secantei (fig. 4.52), cu o freză deget $\varnothing$ 8 mm.

Formulele de calcul al segmentului și unghiului la centru sînt:

$$AC = 4\sqrt{R \cdot \Delta} = 4\sqrt{(76 + 4) \cdot 0.04} \cong 7{,}1554;$$

$$\hat{\theta} = 2 \arccos \frac{R - \Delta}{R + \Delta} = \frac{80 - 0{,}04}{80 + 0{,}04} = 2°33' = 2°30'.$$

Incrementele de deplasare ΔX_1 și ΔY_1 sînt:

$$\Delta X_1 = AC \cos 85° = 0{,}6236;$$
$$\Delta Y_1 = AC \sin 85° = 7{,}1281.$$

În mod similar se procedează la calculul celorlalte perechi a incrementelor de deplasare.

4.3.2.2. **Interpolare circulară.** Volumul și complexitatea calculelor necesare determinării informațiilor pentru programare sînt substanțial reduse în cazul echipamentelor numerice prevăzute cu interpolator circular.

Pe astfel de echipamente se poate programa, într-un singur bloc, deplasarea sculei după un arc de cerc situat în unul din cadranele trigonometrice. Ca urmare, comparativ cu interpolarea lineară, programul este mai scurt în majoritatea cazurilor.

La unele echipamente moderne (Sinumeric 520 CE) se pot programa într-un singur bloc și arce de cerc care depășesc limitele unui cadran trigonometric (determinat de drepte paralele cu axele duse prin centrul arcului de cerc).

Scanned with OKEN Scanner

Pentru programarea deplasării sculei după un arc de cerc, utilizînd interpolatorul circular, sînt necesare următoarele informaţii geometrice (fig. 4.53):

— coordonatele punctului de sfîrşit ale arcului sau incrementele ΔX şi ΔY între punctele de început şi de sfîrşit;

— distanţa centrului arcului de cerc faţă de punctul de început al arcului: I — corespunzătoare axei X, J — pentru axa Y, K — pentru axa Z;

— coordonatele punctului de început. Aceste coordonate sînt indicate în blocul anterior celui de interpolare circulară.

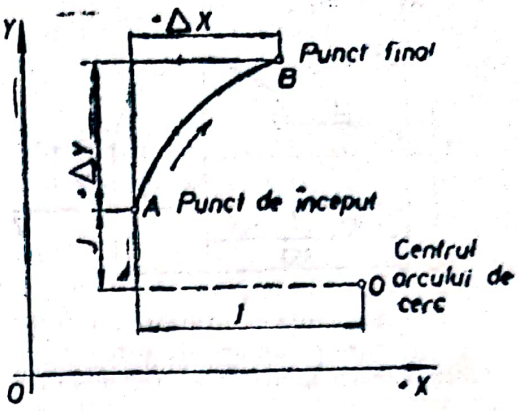


Fig. 4.53. Informaţii necesare interpolării circulare.

În afară de aceste informaţii mai trebuie indicat şi sensul de deplasare a sculei. Prin cuvîntul G02 se precizează interpolarea circulară în sensul acelor de ceasornic, iar prin G03 în sens invers acelor de ceasornic.

În general, un bloc pentru programarea interpolării circulare conţine în afară de adresele N şi M următoarele informaţii:

— cuvîntul G02 (G03), prin care se precizează tipul de interpolare circulară;

— adresa X, defineşte deplasarea după axa X;

— adresa Y, defineşte deplasarea după axa Y; în cazul programării în sistem incremental trebuie precizat şi semnul incrementelor ΔX şi ΔY;

— adresa I — indică distanţa de la centrul arcului la punctul de început, după direcţia X;

— adresa J — indică distanţa centrului arcului la punctul de început, după direcţia Y. Ambele adrese se înscriu în tabelul de programare cu semnul „+" cînd interpolarea se face numai în limitele unui cadran trigonometric;

— adresa F prin care se precizează avansul de conturare.

Conţinutul blocului descris este specific conturării numai în planul X, Y. Pentru conturări în alte plane se indică informaţiile geometrice adecvate. Restul adreselor sînt similare.

Din cele precizate se observă că pentru programare nu se indică în mod direct raza arcului de cerc.

La programarea deplasării sculei după arce de cerc există o restricţie la majoritatea echipamentelor *NC*.

Nu se admite programarea în acelaşi bloc a unui arc de cerc, indiferent de lungime, care depăşeşte limitele unui cadran trigonometric. Astfel, pentru deplasarea sculei din punctul A în D (fig. 4.54) sînt necesare trei blocuri de programare.

La echipamentele care permit într-un singur bloc programarea interpolării unui

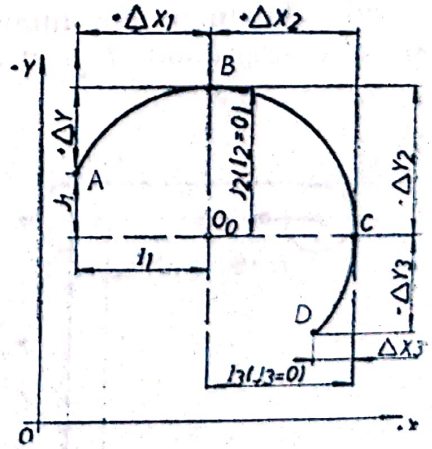


Fig. 4.54. Programarea arcelor de cerc care depăşesc limitele unui cadran trigonometric.

Scanned with OKEN Scanner

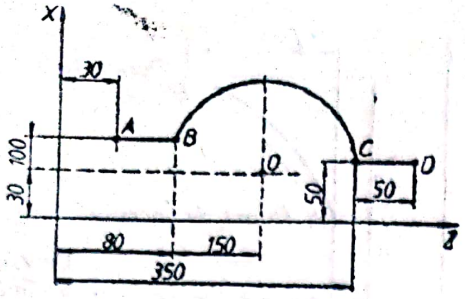


Fig. 4.55. Exemplu de utilizare a interpolării circulare pe un arc de cerc care depășește limitele unui cadran trigonometric.

arc de cerc ce depășește limitele unui cadran trigonometric, adresele *I* și *J* sau *K* trebuie indicate cu semnul corespunzător (fig. 4.55).

Astfel de interpolări sînt specificate echipamentului numeric prin adresa *G* (*G* 39 la Sinumeric 520 CE).

Utilizînd acest mod de interpolare circulară, programul pentru conturul din figura 4.55 este:

a) Programare absolută:

```
%
N1  G00  G90 X + 130000 Z + 30000          S 40
N2  G01                 Z + 80000    F 90
N3  G02  G39 X + 50000  Z + 350000 I + 150000 K — 100000
N4  G01      Z + 400000
```

b) Programare incrementală:

```
%
N1  G00  G 91 X + 130000 Z + 30000 S 40
N2  G01          Z + 50000  F 90
N3  G02 G 39 X — 80000  Z + 270000 I + 150000 K — 100000
N4  G01      Z 50000
```

4.3.2.3. **Programarea traiectoriei centrului sculei.** Erorile care pot surveni la prelucrarea conturului diferitelor piese se datorează, în principal fie alegerii incorecte a avansului de conturare fie neconsiderării unor aspecte în determinarea traiectoriei centrului sculei.

La prelucrarea unor conture interioare pot apare unele scobituri cauzate de inerția săniilor, în punctele de schimbare a direcției de mișcare a sculelor (fig. 4.56). Înlăturarea erorilor de acest tip se poate realiza prevăzînd în program un bloc special pentru decelerarea sistemului sau, în cazul echipamentelor numerice fără astfel de posibilități, de oprire, pe o durată programabilă prin adrese specifice (de exemplu G04).

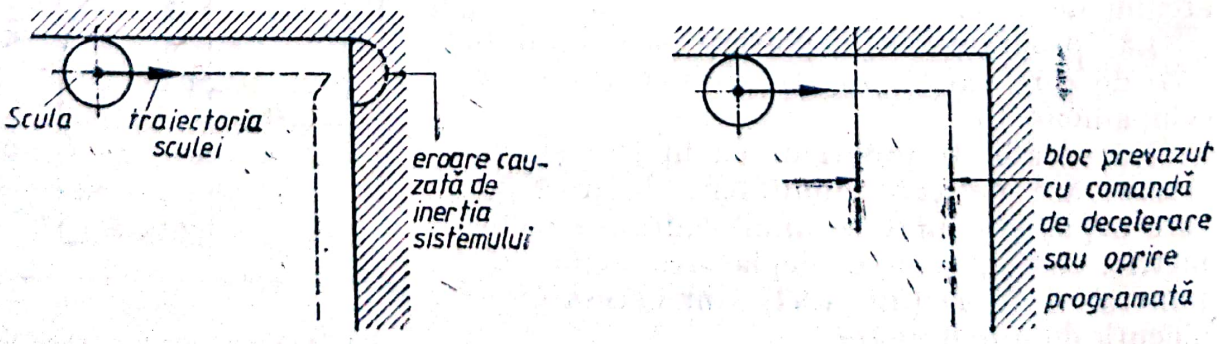


Fig. 4.56. Erori de prelucrare cauzate de inerția săniilor mașinii-unelte.

Majoritatea erorilor de prelucrare se datorează calculului greşit a traiectoriei centrului sculei. De fapt acest calcul ocupă volumul cel mai mare în munca de programare manuală.

La conturare, pentru a elimina erorile care pot să intervină datorită sculei, în majoritatea cazurilor nu se programează traiectoria conturului, ci traiectoria unui punct care se găseşte mereu la aceeaşi distanţă faţă de tangenta la muchia tăişului în diferitele puncte ale conturului. Traiectoria acestui punct mai poartă denumirea de echidistantă. Valoarea distanţei este egală cu raza sculei.

Cînd traiectoriile de deplasare a sculei sînt paralele cu axele de coordonate nu există nici o dificultate în determinarea poziţiilor succesive ale centrului sculei. În astfel de situaţii, prin simpla adunare sau scădere (funcţie de poziţia sculei faţă de contur) a razei sculei la coordonatele punctelor de pe conturul piesei, se obţin coordonatele punctelor centrului sculei. Coordonata „x" a punctului B (fig. 4.57) este egală cu coordonata „x" a punctului A minus raza sculei, iar coordonata „y" a aceluiaşi punct rezultă ca sumă a coordonatei „y" a punctului A şi a razei sculei.

Calcule mai laborioase ar trebui efectuate la deplasările după arce de cerc, dar acestea sînt efectuate de interpolatorul circular al echipamentului numeric.

Determinarea corectă a traiectoriei centrului sculei comportă un volum mare de calcule în cazul deplasării după direcţii neparalele cu axele. Pentru determinarea coordonatelor centrului sculei se apelează la metode specifice geometriei, trigonometriei, geometriei analitice etc.

Poziţia centrului sculei, în cazul intersecţiei a două drepte de pantă oarecare, se poate determina utilizînd fie metoda bisectoarei fie metoda programării unui arc de cerc.

Pentru a determina concret valoarea coordonatelor centrului frezei prin metoda bisectoarei se utilizează relaţiile trigonometrice (fig. 4.58) :

$$\Delta x = R_s \frac{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}{\cos\frac{\alpha-\beta}{2}} \; ; \; \Delta y = R_s \frac{\cos\frac{\alpha+\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha-\beta}{2}} .$$

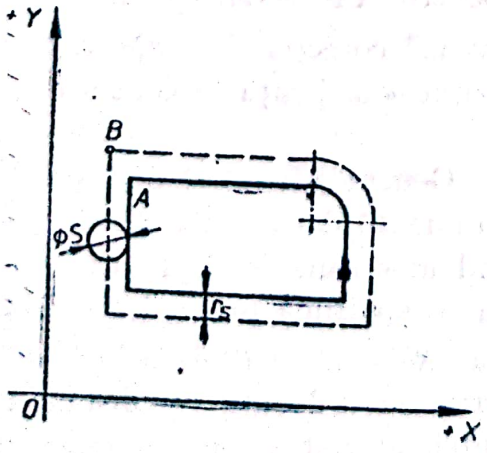


Fig. 4.57. Calculul coordonatelor centrului sculei la deplasări după axe paralele cu axele de coordonate.

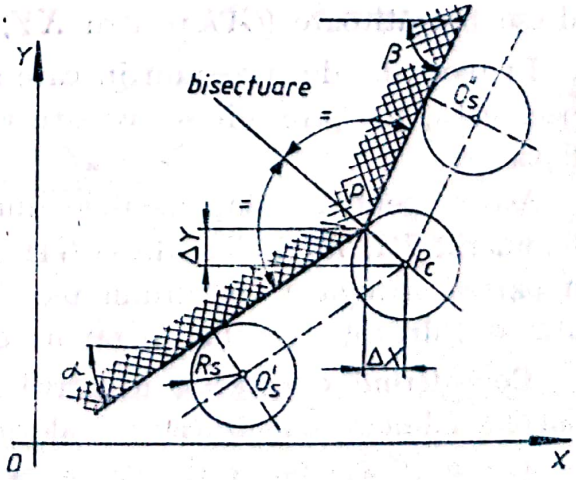


Fig. 4.58. Metoda bisectoarei.

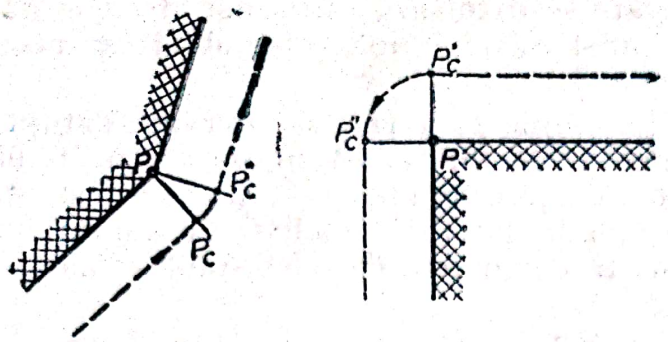


Fig. 4.59. Metoda arcelor de cerc:
a — pentru conture alcătuite din drepte înclinate;
b — pentru coțuri cu unghiul de 90°.

Metoda arcului de cerc (fig. 4.59) se caracterizează prin aceea că la vîrfuri se programează o traiectorie în arc de cerc neexistentă pe piesă. Calculele pentru determinarea punctului inițial și final al arcului de cerc, mai simple, se realizează tot prin relații trigonometrice.

Din punct de vedere a conturării o importanță deosebită o are *corecția de rază*. Aceasta se utilizează fie atunci cînd în procesul de prelucrare apare o uzură pronunțată a sculei datorită căreia conturul rezultat în prelucrare nu mai este cel programat, fie cînd se utilizează scule cu raze diferite de cele luate în considerare la întocmirea programului. În ambele situații, pentru a rezulta conturul corect, este necesar să se determine o echidistantă nouă.

Aceasta se determină automat de echipamentul *NC* în cadrul unor blocuri electronice speciale. Blocurile de calcul a corecțiilor de rază sînt, de cele mai multe ori, opționale. Avînd în vedere facilitățile de programare pe care le oferă este bine să fie achiziționate.

Corecțiile de rază pot fi negative sau pozitive. O corecție este pozitivă dacă diferența dintre noua rază a sculei (R'_f) și cea utilizată la întocmirea programului este pozitivă.

Cînd diferența razelor este negativă, corecția este negativă.

Corecțiile de rază se pot aplica în oricare plan al sistemului de coordonate. Selecționarea planului în care are loc prelucrarea se face prin adrese pregătitoare (*G*17 pentru *XY*, *G*18 pentru *XY* și *G*19 pentru *YZ*).

În blocurile din program în care se activează corecția de rază trebuie specificată, tot prin adrese pregătitoare, poziția sculei față de conturul de deplasare.

Astfel pentru echipamentele numerice General Electric 550 MBD, Sinumerik 7M, 7ME etc. adresa *G*41 se programează dacă scula se găsește în partea strîngă a conturului piesei privind în sensul de deplasare. Poziția din dreapta a sculei în raport de piesă se specifică prin adresa *G*42.

Considerînd o corecție negativă de rază $R'_f - R_f = 10 - 20 = -10$, simpla adunare algebrică a valorii corecției la ordonata echidistantei, pentru a găsi noua ordonată a echidistantei, ar putea duce la erori în obținerea conturului. Se observă, în cazul concret ilustrat în figura 4.60, că atunci cînd scula este în dreapta adunarea algebrică ar fi corectă, lucru

Scanned with OKEN Scanner

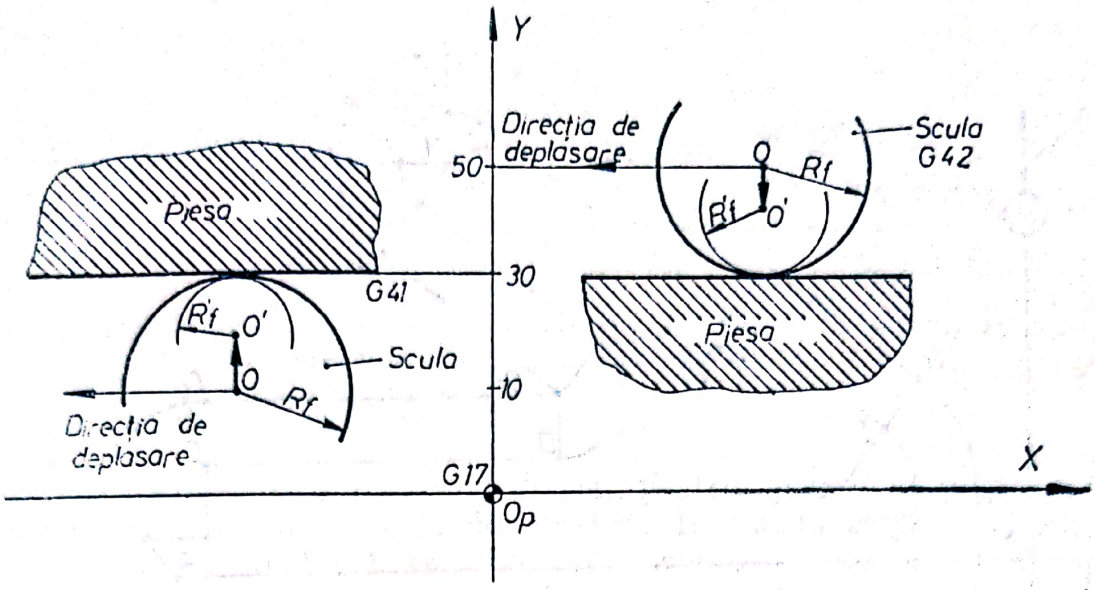


Fig. 4.60. Exemplu de utilizare a funcțiilor G41 și G42 pentru corecția de rază: *a* — scula în partea stîngă; *b* — scula în partea dreaptă.

ce nu este valabil pentru cea de a doua situație. Prin precizarea adreselor *G41* și *G42* echipamentul decide, în raport cu tipul de corecție, sensul în care trebuie să fie deplasată noua poziție a centrului sculei. Deplasarea sculei în noua poziție se face după o direcție perpendiculară pe traiectoria sculei, cu avans rapid sau programat.

Pentru a ilustra modul de programare în cazul conturării se consideră piesa din figura 4.61.

Prelucrarea se realizează pe mașina FH — 500 NCC dotată cu un echipament numeric de tipul GENERAL ELECTRIC 550 MBD. Pentru conturare se utilizează o freză deget Ø 20 mm.

Sistemul de coordonate (fig. 4.62) s-a ales în așa fel încît în planul *XY* toate coordonatele punctelor de pe contur sînt pozitive. Prin aceasta se înlătură posibilitatea de a se greși prin omiterea semnului vreunei coordonate.

Deplasările sînt programate în sistem absolut.

Pentru deplasare sculei din punctul *S* în punctul *Q* trebuie programată numai o deplasare după axa *Y*, în punctul de coordonate $x = 0$; $y = 15$, $z = 0$.

În cadrul programului sînt prevăzute prelucrări cu trei scule: burghiu Ø 15, codificat sub adresa T01, freză cilindro-frontală Ø 18, codificată prin adresa T02, pentru degroșare și Ø 20 (T03) pentru finisare.

Burghiul se utilizează pentru a permite o angajare ușoară a frezei în punctul P_c.

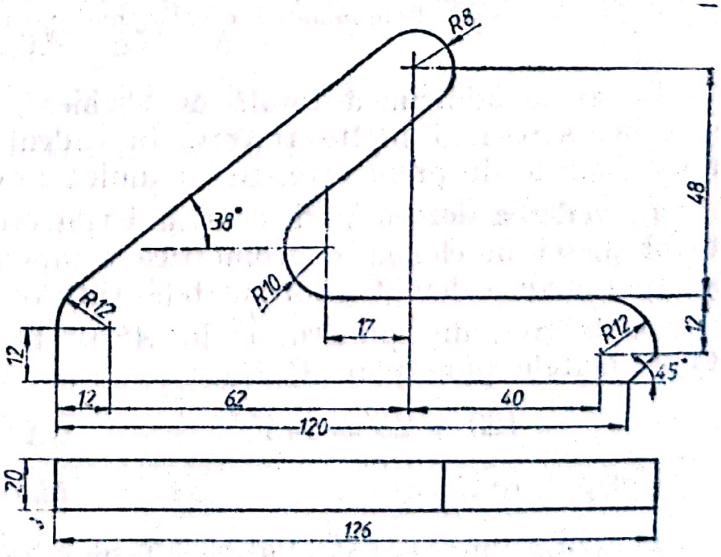


Fig. 4.61. Piesă model pentru programarea echipamentelor *NC* de conturare prin frezare.

Scanned with OKEN Scanner

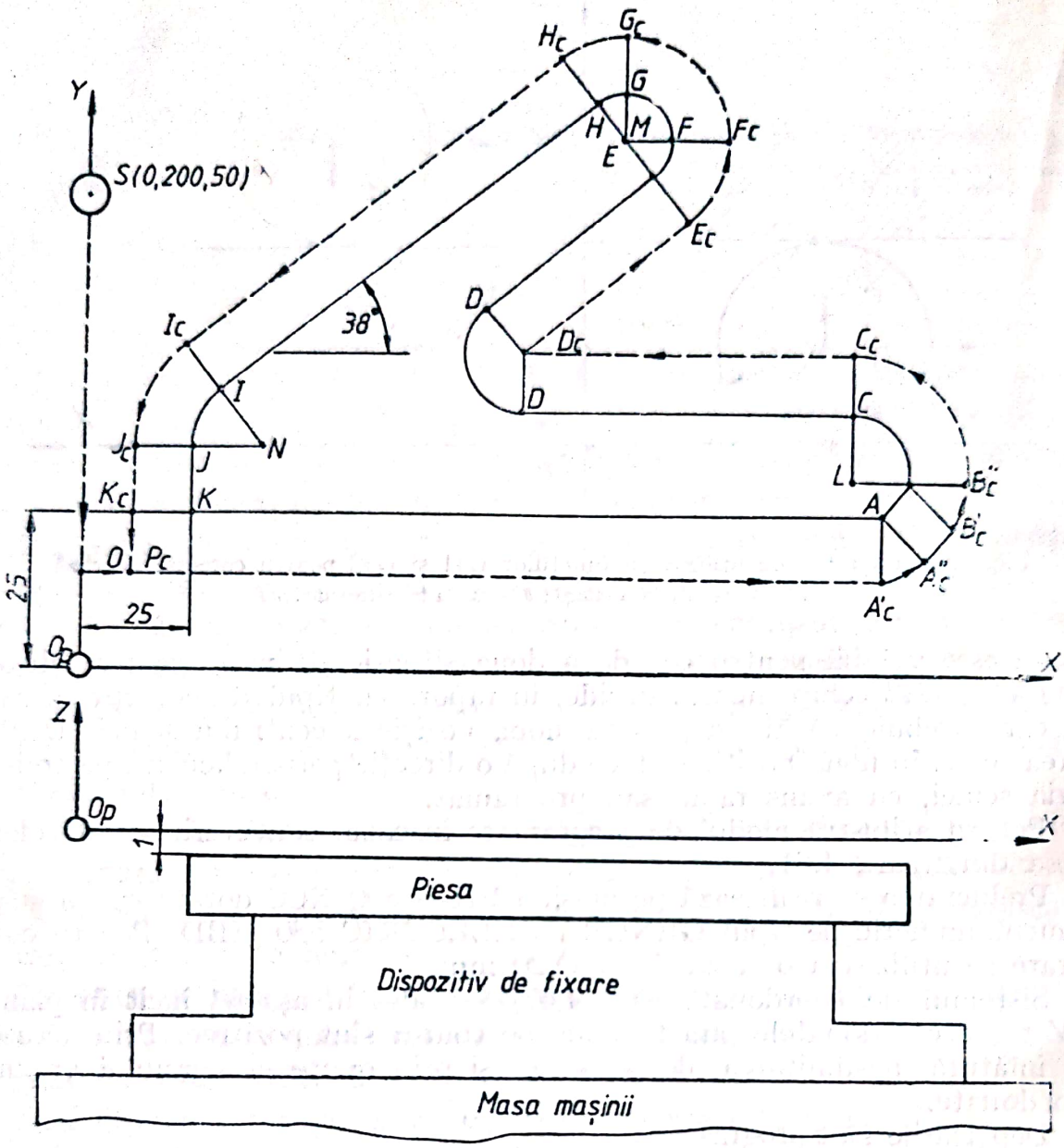


Fig. 4.62. Determinarea echidistantei pentru piesa din figura 4.61.

Deoarece adîncimea totală de așchiere, după axa Z, este de 20 mm sînt necesare mai multe treceri. În cadrul programului, pentru a nu se repeta fazele de prelucrare, se va indica numai o singură trecere.

În vederea determinării centrului traiectoriei frezei s-a descompus conturul piesei în elemente geometrice componente (drepte și arce de cerc) și apoi s-au calculat coordonatele tuturor punctelor.

Deplasarea din punctul Q în A'_c se face după o dreaptă $y = 15{,}00$. Coordonatele punctului A'_c sînt:

$$x'_{A_c} = 120 + 25 = 145; \qquad \Delta X = 130;$$

$$y_{A'_c} = 15; \qquad \Delta Y = 0.$$

Pentru a ilustra și modul de determinare a incrementelor de deplasare, cazul programării incrementale, acestea se vor calcula pe tot parcursul exemplului. Ele vor fi note prin ΔX și ΔY.

Scanned with OKEN Scanner

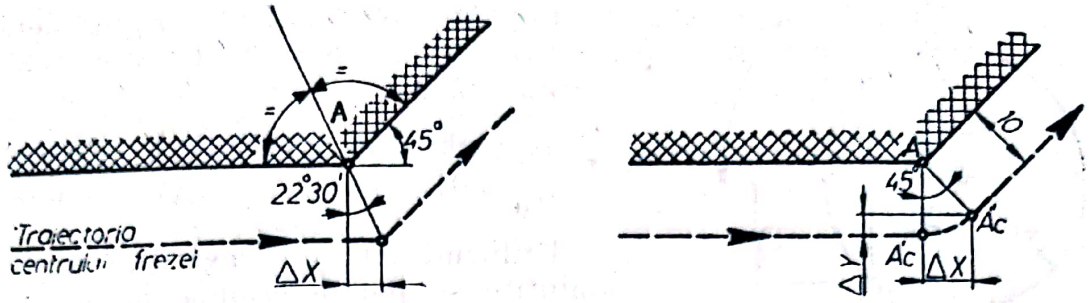


Fig. 4.63. Exemplu de calcul a coordonatelor punctului de pe echidistantă corespunzător punctului A din figura 4.61:
a — prin metoda bisectoarei; *b* — prin programarea arcului de cerc.

Calculul traiectoriei centrului frezei, pentru generarea porțiunii AB a conturului, se poate face în două feluri. În cadrul exemplului s-a ales metoda utilizării arcului de cerc. În acest scop s-a programat o deplasare suplimentară pe arcul de cerc $A'_cA''_c$.

O altă modalitate de calcul a coordonatelor traiectoriei centrului frezei este indicată în figura 4.63, *a*. Din figură se observă că utilizînd bisectoarea unghiului celor două drepte care determină vîrful A se pot calcula corecțiile de deplasare ΔX și Δy.

$$\Delta x = R_s \operatorname{tg} 22°30' = 10 \operatorname{tg} 22°30';$$

$$\Delta y = 0.$$

Coordonatele punctului A''_c se determină pe baza figurii 4.63, *b*: $x_{A''_c} = x_{A'_c} + \Delta x = 145 + R_s \cdot \sin 45° = 145 + 10.0{,}7071 = 152{,}071$;

$y_{A''_c} = y_{A'_c} + \Delta y = 15 + (10 - R_s \cos 45°) = 15 + (10 - 7{,}071) = 17{,}929$;

$\Delta X = 7{,}071$;

$\Delta Y = 2{,}929$.

Utilizînd aceeași metodologie de calcul se determină și coordonatele punctelor B'_c și B''_c:

$x_{B'_c} = 152{,}071 + 6 = 158{,}071$; $\Delta X = 158{,}071 - 52{,}071 = 6$;

$y_{B'_c} = 17{,}929 + 6 = 23{,}929$; $\Delta Y = 6$;

$x_{B''_c} = 158{,}071 + 7{,}071 \operatorname{tg} 22°30' \cong 161$; $\Delta X = 2{,}929$;

$y_{B''_c} = 23{,}929 + 7{,}071 = 31$; $\Delta Y = 7{,}071$.

Cordonatele punctelor C_c și D_c se determină fără dificultate:

$x_{C_c} = x_L = 139$; $\Delta X = -22$;

$y_{C_c} = y_c + 10 = 43 + 10 = 53$; $\Delta Y = 22$;

$x_{D_c} = 82$; $\Delta X = -57$;

$y_{D_c} = 53$; $\Delta Y = 0$.

Pentru calculul coordonatelor punctului E_c se consideră figura 4.64:

$x_{E_c} = x_M + \Delta x = 99 + 18 \cos 52° = 110{,}082$; $\Delta X = 28{,}082$:

$y_{E_c} = y_M - \Delta y = 91 - 18 \sin 52° = 76{,}815$; $\Delta Y = 23{,}815$.

Scanned with OKEN Scanner

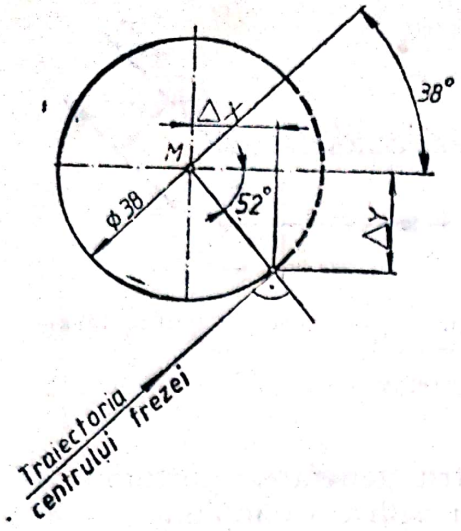


Fig. 4.64. Exemplu de calcul a coordonatelor punctului E_c.

Coordonatele punctului F_c se determină prin calcule similare cu cele utilizate la punctul B''_c:

$$x_{F_c} = 99 + 18 = 117; \quad \Delta X = 6{,}918;$$
$$y_{F_c} = 91; \quad \Delta Y = 14{,}185.$$

Utilizînd una din metodele de calcul amintite se pot determina, în continuare, fără nici o problemă restul coordonatelor:

$$x_{G_c} = 99; \quad \Delta X = -18;$$
$$y_{G_c} = 109; \quad \Delta Y = 18;$$
$$x_{H_c} = 99 - 18 \cos 52° = 87{,}919; \quad \Delta X = -11{,}081;$$
$$y_{H_c} = 91 + 18 \sin 52° = 105{,}184; \quad \Delta Y = -3{,}816$$
$$x_{I_c} = 37 - 22 \cos 52° = 23{,}455; \quad \Delta X = -64{,}463;$$
$$y_{I_c} = 47 + 22 \sin 52° = 54{,}336; \quad \Delta Y = -50{,}848:$$
$$x_{J_c} = 37 - 22 = 15; \quad \Delta X = -8{,}455;$$
$$y_{J_c} = 37; \quad \Delta Y = -17{,}336;$$
$$x_{P_c} = 15; \quad \Delta X = 0;$$
$$y_{P_c} = 15; \quad \Delta Y = -22.$$

Pentru a verifica corectitudinea calculului efectuat se pot utiliza incrementele de mișcare. Deoarece conturul după care s-a deplasat freza este închis, dacă calculele sînt corecte trebuie ca $\Sigma\Delta X = \Sigma\Delta Y = 0$. Făcînd sumele ΔX și ΔY se obține valoarea zero, ceea ce demonstrează că rezultatele obținute sînt corecte.

Programul pentru realizarea piesei din figura 4.61 este:

```
N001  G 90
N005  G 17
N010  G 00   X 15000   Y 15000
N015  G 04   X 30000   M 39
N020  G 04   X 30000   S 73   M 03
N025  G00    Z  1000   D01
N030  G01    Z 28000   F 75
N035  G00    Z 200000  D00  M00
N040  G04    X  30000  M40
N045  G04    X 30000   S 38   M03
N050  G00    Z 1000    D02
N055  G01    Z 6000    F 90
N060         X + 145000
N065  G03    X 152072  Y 17928  I0  J 7072
N070  G01    X 158072  Y 23928
N075  G03    X 161000  Y 31000   I 7072    J 7072
N080         X 139000  Y 53000   I 22000   J0
N085  G01    X 82000   Y 53000
N090         X 110082  Y 76816
```


Scanned with OKEN Scanner

```
N095   G03    X 117000  Y 91000   I 11820   J 14186
N100          X 99000   Y 109000  I 18000   J 0
N105          X 87918   Y 105184  I0        J 18000
N110   G01    X 23456   Y 54336
N115   G03    X 15000   Y 37000   I 8456    J 17336
N120   G01    X 15000   Y 15000
N125          Z 11000
N130          X 145000
.             .
.             .
.             .
N195   G00    Z 200000  D00       M00
N200   G04    X 30000   S41       M03
N205   G00    Z 1000    D03
N210   G01    Z 11000   F100      M08
N215          X 145000
.
.
.
N280   G00    Z 200000  D00       M09
N285          X0        Y200000   M05
N290   M30
```

La programarea de conturare pentru strunguri apar, în afară de aspectele generale de conturare ce se desprind din cele prezentate anterior, şi o serie de particularităţi rezultate din caracteristicile prelucrărilor pe strung:

a — tipul şi forma semifabricatelor; astfel avînd în vedere complexitatea ridicată a formei pieselor este necesar să se efectueze un număr mai mare de treceri decît la frezare, unele de degroşare şi altele de finisare;

b — posibilităţile diferite de echipare cu scule (de diferite forme prismatice) funcţie de numărul săniilor, suporţi port-sculă, magazii etc.;

c — specificul operaţiilor realizabile pe strunguri; o atenţie deosebită trebuind acordată operaţiilor de filetare.

4.4. CONSIDERAŢII DE BAZĂ PRIVIND CONDUCEREA AUTOMATĂ NUMERICĂ

Direcţia principală în automatizarea totală a maşinilor-unelte, după un studiu CIRP* [24] avînd la bază teste de prognoză, o constituie realizarea unor uzine automate cu calculatoare integrate. În acelaşi studiu se arată că aceasta va deveni o realitate la sfîrşitul secolului.

Introducerea calculatoarelor în comanda şi conducerea maşinilor-unelte cu comandă numerică reprezintă o etapă intermediară în realizarea obiectivului amintit. Calculatoarele numerice în funcţie de capacitate sînt utilizate pentru conducerea unui grup de maşini-unelte sau a unei singure maşini-unelte.

În afară de funcţia de conducere, calculatoarele mai pot fi utilizate şi în scopul optimizării parametrilor regimului de aşchiere în vederea obţinerii unui proces de prelucrare de maximă eficienţă.

* Collège International pour la Recherche Scientifique en Production Mecanique

Scanned with OKEN Scanner

În stadiul actual de dezvoltare tehnologică, în domeniul prelucrării pe mașini-unelte, calculatoarele și-au găsit o aplicație directă în:

— comanda adaptivă a mașinilor-unelte *NC*;

— conducerea unei sau a unui grup de mașini-unelte *NC*;

— programarea asistată de calculator a mașinilor-unelte *NC*.

În comanda adaptivă pot fi utilizate fie calculatoare de capacitate mare, fie minicalculatoare, special proiectate în vederea realizării numai a unor algoritmi de calcul în legătură cu optimizarea procesului de prelucrare.

În cazul conducerii unei singure mașini-unelte, calculatorul (minicalculatorul) preia de regulă o parte din funcțiile echipamentului numeric. Un astfel de sistem de comandă este cunoscut în literatura de specialitate sub denumirea de sistem *CNC* (Computerized Numerical Control).

Celelalte sisteme care asigură conducerea centralizată a unui grup de mașini-unelte cu comandă numerică poartă denumirea de sisteme *DNC* (Direct Numerical Control). În cadrul acestor sisteme calculatorul asigură realizarea suplimentară a unor funcții cum ar fi elaborarea programelor-piesă, planificarea și controlul producției, distribuirea și evidența materialelor și a sculelor, comunicări între operatori și calculator etc.

Comanda adaptivă poate fi ușor implementată în cazul ambelor tipuri de sisteme *CNC* și *DNC*.

4.4.1. Principiile comenzii adaptive a mașinilor-unelte NC

Comanda numerică reprezintă, fără îndoială, o etapă importantă în realizarea unui grad înalt de automatizare al mașinilor-unelte.

În cazul mașinilor-unelte cu comandă numerică traiectoria sculei, viteza de avans și turație sînt permanent controlate prin intermediul informațiilor de pe suportul de informații. Acestea, transmise sistemului numeric, nu pot fi modificate ușor în timpul așchierii. În alegerea setului de informații, programatorul trebuie să aibă în vedere condițiile de prelucrare cele mai dificile care pot interveni pe parcursul prelucrării unei piese. Ca urmare, este obligat ca la alegerea adîncimii de așchiere, a turației și a avansului să ia în considerare anumiți coeficienți de siguranță.

Datorită acestui mod de alegere a parametrilor regimului de așchiere se pot pune în evidență cîteva dezavantaje ale comenzii numerice:

— pregătirea programului reclamă un volum mare de muncă și personal cu o înaltă calificare. Aceasta deoarece trebuie efectuat un număr relativ mare de calcule în vederea determinării setului de instrucțiuni tehnologice adecvate caracterului prelucrării, materialului piesei, sculelor și comportării dinamice a mașinii-unelte.

De cele mai multe ori parametrii regimului de așchiere se adoptă însă pe baza unor tabele și a unor formule empirice. Există și situații cînd aceste informații primare lipsesc și ca urmare este necesar să fie desfășurate teste de prelucrabilitate în vederea indicării parametrilor tehnologici adecvanți.

Datorită modului de alegere a regimului de așchiere și a faptului că în timpul prelucrării nu se cunosc exact condițiile în care are loc așchierea, valorile parametrilor tehnologici au un caracter aproximativ;

— costul și productivitatea prelucrării devin din ce în ce mai dependente de însăși procesul de așchiere deoarece sînt tot mai frecvente cazuri

Scanned with OKEN Scanner

de prelucrare a unor piese cu toleranțe de execuție mici, din materiale dure și extradure. Ca urmare, se observă tendința de creștere a timpului de bază și de scădere a celui auxiliar datorită gradului înalt de automatizare a mașinilor-unelte cu comandă numerică. Reducerea timpului de bază este greu de realizat, în condițiile expuse anterior, deoarece anumiți factori cum ar fi variația durității materialului piesei, a adîncimii de așchiere, a rigidității sistemului *MDSP*, uzura sculei etc. nu pot fi luați în considerare la stabilirea parametrilor de așchiere. Din această cauză, programatorul nu poate indica condițiile optime de așchiere care ar conduce fie la realizarea unei productivități maxime, fie la obținerea unui cost minim;

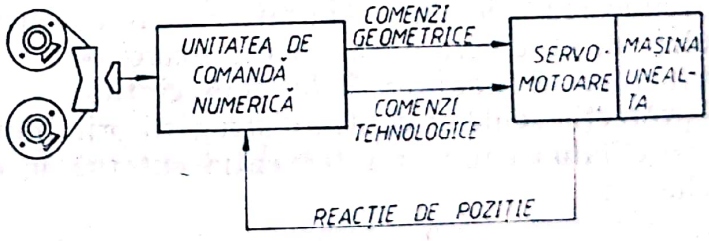
— tot din motive de siguranță, pentru realizarea unor toleranțe de prelucrare mici se programează un număr de treceri mai mare decît este necesar. Aceasta deoarece nu se cunosc aprioric comportarea dinamică a mașinii-unelte, gradul de cedare a sistemului arbore principal, a sănii-lor, a capacității maxime de încărcare etc.

Dezavantajele menționate, precum și altele întîlnite la comanda numerică a mașinilor-unelte pot fi înlăturate total sau parțial prin introducerea comenzii adaptive.

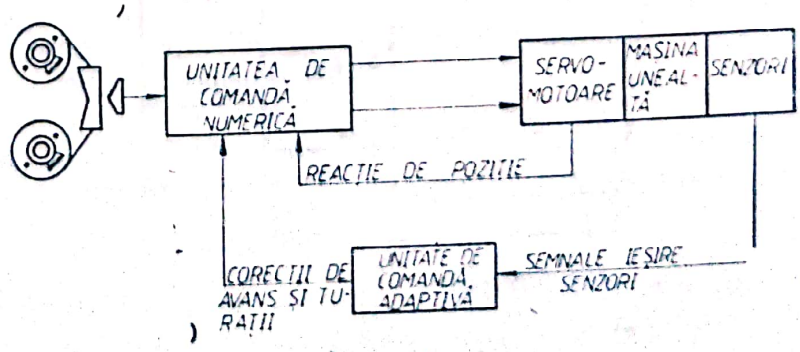
Comanda adaptivă constituie un sistem de prelucrare care are în plus față de comanda numerică o buclă de reacție (fig. 4.65, *b*).

Rolul comenzii adaptive este de a stabili și menține anumite condiții de prelucrare în mod automat, pe baza unor determinări ce au loc în timpul desfășurării procesului de lucru. În acest scop semnalele furnizate de senzori sînt prelucrate de sistemul adaptiv în conformitate cu o strategie aleasă.

Ca o consecință, apare posibilitatea fizică de a fi autoprogramate informații geometrice și tehnologice optime. În figura 4.66 se indică aplicarea comenzii adaptive la strunjirea cu putere constantă [27]. Din figură se observă modul de variație a avansului în funcție de condițiile con-



a



b

Fig. 4.65. Schema bloc a sistemelor de prelucrare cu:

a — comandă *NC* convențională;
b — comandă *NC* adaptivă.

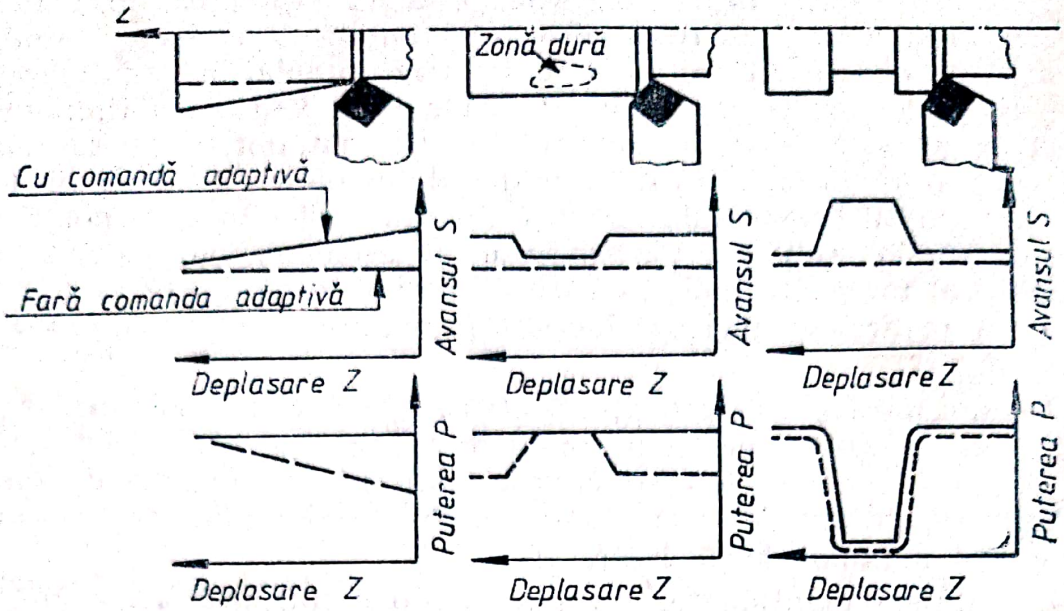


Fig. 4.66. Variaţia avansului şi a puterii în timpul prelucrării la un sistem cu comandă adaptivă.

crete de prelucrare: duritatea materialului, forma piesei şi variaţia adîncimii de aşchiere.

Utilizarea comenzii adaptive permite şi divizarea automată a adîncimii de aşchiere [25]. Ca urmare, deplasările reale şi programate ale sculei pot fi diferite. Astfel, în cazul primei treceri (fig. 4.67, *a*) se poate sări direct de la blocul *1* la blocul *3*. În ceea ce priveşte figura 4.67, *b*, *c* blocul *2* nu poate fi omis. În aceste cazuri se modifică numai adîncimea de aşchiere cu valoarea *x*, stabilită automat de sistemul adaptiv pe baza strategiei alese.

Printre avantajele introducerii comenzii adaptive, în afară de cele rezultate din exemplele anterioare, mai pot fi amintite:

— reducerea pieselor rebutate deoarece orice variaţie a durităţii, a adaosului de prelucrare, a uzurii sculei etc. este detectată şi procesul de prelucrare se adaptează în consecinţă;

— protecţia sculelor contra distrugerii prin limitarea încărcării maxime;

— se elimină complet intervenţia externă în corectarea unor regimuri de aşchiere;

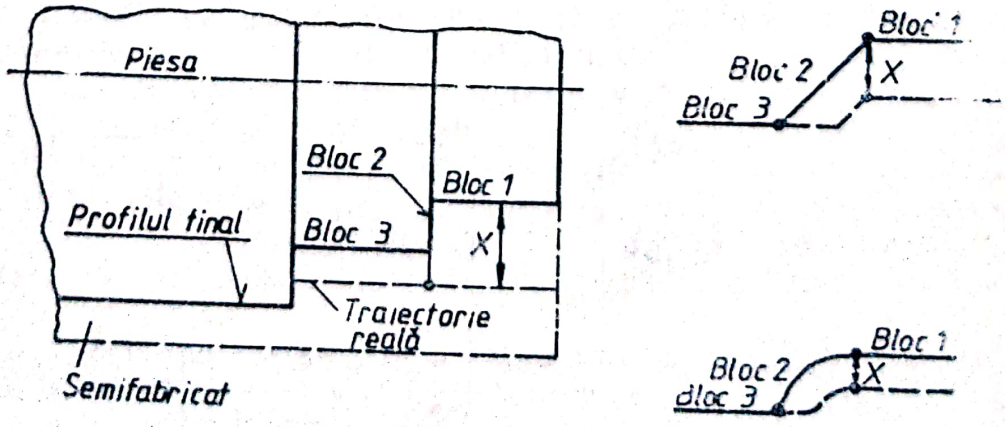


Fig. 4.67. Programarea automată a traiectoriei sculei pentru diferite prelucrări:
a — de tip treaptă; *b* — ieşire; *c* — arc de cerc.

Scanned with OKEN Scanner

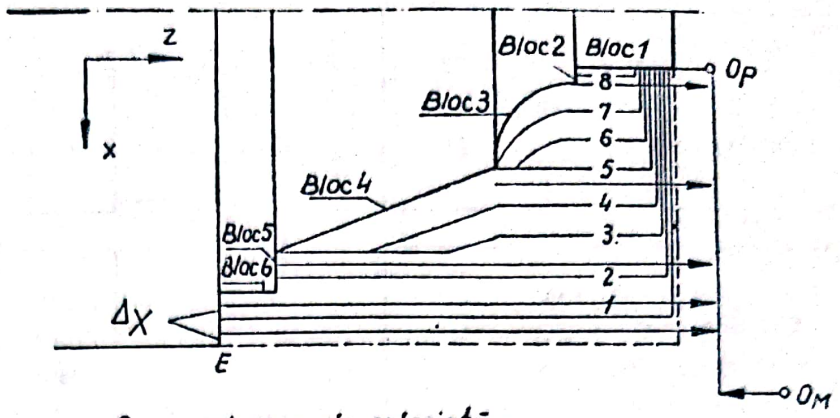


Fig. 4.68. Divizarea automată a adaosului de prelucrare.

Op - punct zero de referință
O_M - originea mașinii
Δx - increment reglabil

— se îmbunătăţeşte durabilitatea sculei prin aşchiere la forţa sau viteza constantă;

— se simplifică programarea turaţiilor şi ale avansurilor condificînd pe banda perforată numai anumite valori limită;

— se simplifică programarea deplasării sculelor astfel reducîndu-se mult lungimea programului. Pe banda perforată se programează numai conturul piesei finite. În acest sens este concludent exemplul indicat în figura 4.68. Programele [21] pentru prelucrarea capătului de arbore sînt prezentate în figurile 4.69, *a*, *b*. Cel din stînga este mult mai lung. În ansamblu, programul cuprinde blocurile de informaţii pentru deplasarea sculei din punctul O_M în punctul O_p, trecerile individuale de degroşare, de finisare şi de îndepărtare a sculei din zona de aşchiere. Se observă, de asemenea, că programul întocmit pentru sistemul cu comandă adaptivă este mai scurt deoarece adîncimea de aşchiere pentru fiecare trecere de degroşare se stabileşte automat de sistemul adaptiv şi ca urmare în program nu se mai programează ciclul de degroşare ci numai cel de finisare. De asemenea, în blocurile rămase (13 în loc de 51) nu mai este necesară indicarea exactă a valorii turaţiei şi a avansului. Aceşti parametrii se programează numai orientativ. Valorile lor efective, pentru fiecare trecere, urmează să fie stabilite de sistemul adaptiv în concordanţă cu anumite criterii impuse.

Ansamblul acestor criterii constituie indicele de performanţă al sistemului adaptiv.

4.4.2. Conducerea computerizată a maşinilor-unelte NC — sisteme CNC

Sistemele *NC* clasice şi *CNC* se deosebesc în special prin modul în care se realizează anumite funcţii şi mai puţin prin natura funcţiilor posibile de realizat.

Totalitatea funcţiilor echipamentului numeric clasic se realizează în cadrul unei logici cablate (hardware). În sistemul *CNC* o parte din funcţii se execută în cadrul unei logici cablate şi o altă parte prin programe de calculator (solftware) [21, 16, 13].

Scanned with OKEN Scanner

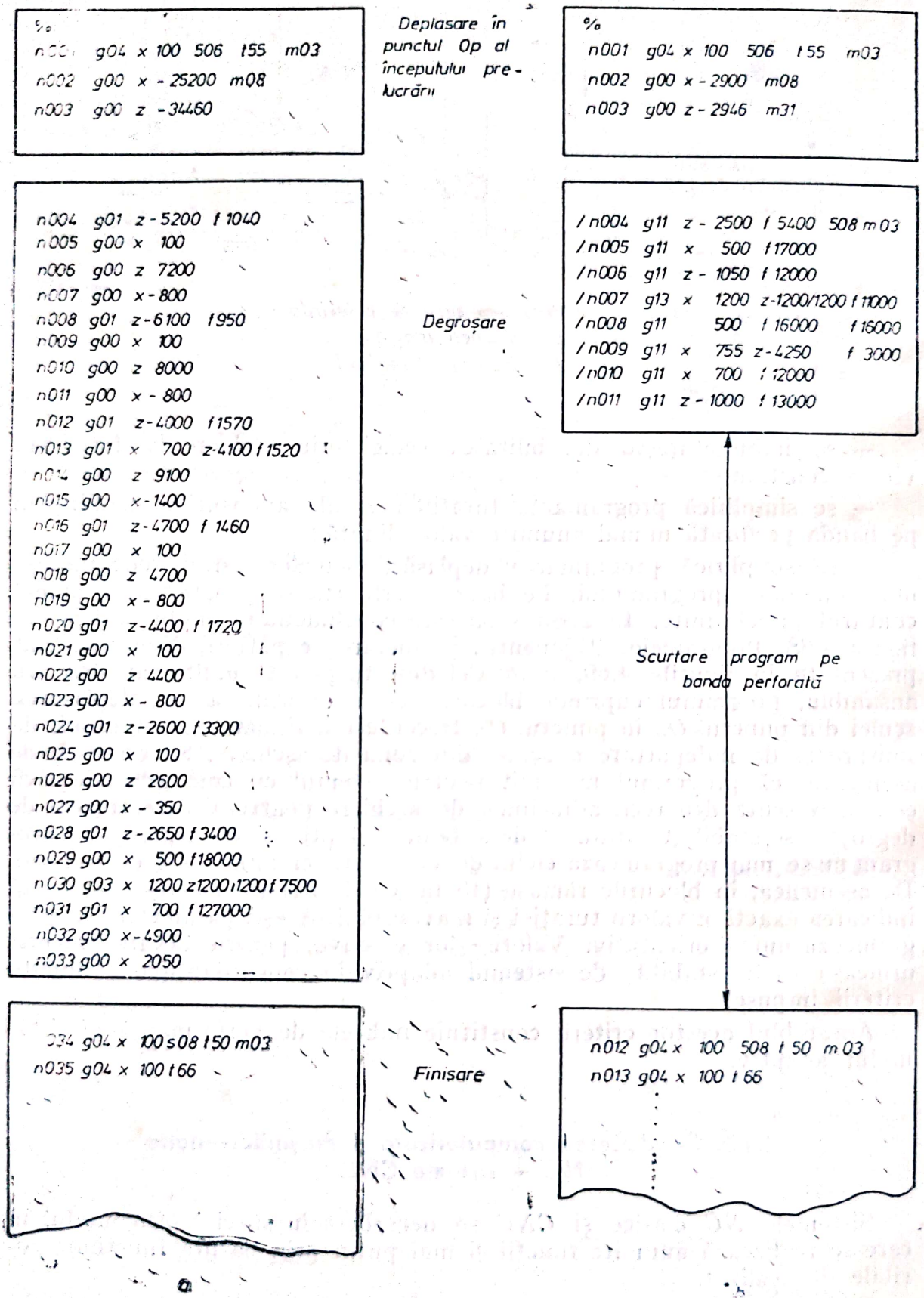


Fig. 4.69. Program pentru prelucrarea capătului de arbore din figura 4.68:
a — cu un sistem *NC* convențional; *b* — cu sistem adaptiv.

Scanned with OKEN Scanner

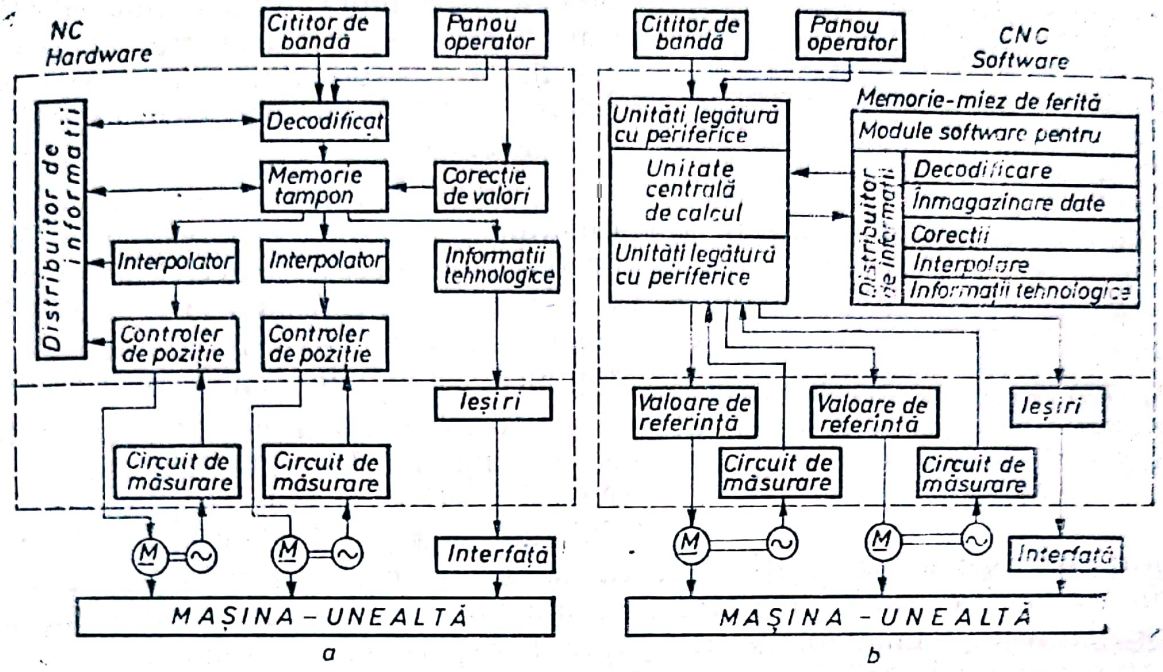


Fig. 4.70. Structura de bază a unui sistem:
a — *NC* convențional; *b* — *CNC*.

Structura de bază a celor două tipuri de sisteme este indicată în figura 4.70. Pentru prelucrarea informațiilor codificate pe banda perforată, logica de comandă cablată folosește module funcționale cum ar fi decodificator, interpolator, memorie tampon etc. Un distribuitor de informații coordonează procesul de prelucrare a datelor din modulele amintite. Aceste calcule se efectuează simultan. Acționările de avans sînt comandate prin controlere de poziție și servoamplificatoare. Informațiile geometrice în legătură cu pozițiile reale ale săniilor sînt furnizare logicii cablate, prin circuite de reacție, de către traductoarele de deplasare. Informațiile tehnologice sînt transmise imediat interfeței.

Structura unui sistem *CNC* cuprinde: minicalculatorul, interfața între minicalculator și mașina-unealtă, cititorul de bandă și panoul de comandă pentru operator. În structura de bază mai pot fi incluse: bloc de legătură cu sistemul *DNC*, bloc de comandă adaptivă, bloc pentru măsurarea automată a erorilor cinematice, diferite microprocesoare etc.

Minicalculatorul, la rîndul său, este constituit dintr-o unitate centrală de calcul, memoria internă cu o capacitate de 4—16 K cu ciclu de acces de pînă la 1 μs și o unitate de legătură cu echipamentele periferice.

Memoria pe miezuri de ferită conține o serie de programe necesare realizării unor algoritmi de calcul cum ar fi interpolare lineară și circulară, corecția de sculă, regimul de poziție, etc. În versiunea *NC* clasică, toate algoritmele amintite sînt cablate.

În ceea ce privește modul de operare (fig. 4.71) se observă că prelucrarea informațiilor în sistemul *CNC* se desfășoară succesiv. Ca urmare, timpul total de execuție a celor patru funcții (considerînd timpii individuali egali în ambele sisteme) este mult mai lung. Pentru realizarea fiecărei operații programul respectiv trebuie activat și introdus succesiv în procesorul central.

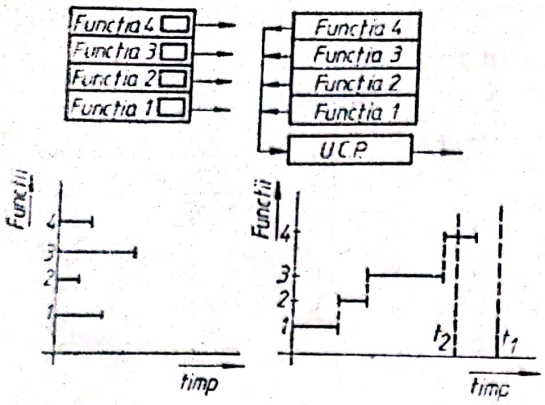


Fig. 4.71. Comparație între modul de realizare a unor funcții în cadrul sistemelor:
a — *NC* convenționale; *b* — *CNC*.

Vitezele cu care se execută aceste procese determină direct numărul de funcții care pot fi acoperite de minicalculatorul sistemului. Din acest considerent există limite precise în utilizarea sistemelor *CNC*.

Astfel dacă timpul t_1 de execuție a funcțiilor *1—4* (fig. 4.71) este mai mic decît timpul necesar reactivării funcției *1*, sistemul este corespunzător, dacă însă ciclul funcțiilor *1—4* trebuie activat la timpul t_2 sistemul nu mai poate fi folosit.

Datorită modului de operare amintit există anumite diferențe între sistemele *NC* și *CNC* și în ceea ce privește modul de control al deplasărilor sculei prin controlerele de poziție. Pentru aceasta se compară valoarea de referință a poziției saniei, definită de semnalul de ieșire din interpolator, cu poziția reală semnalată de traductorii de deplasare. În sistemele *NC* compararea se realizează în mod continuu și ca urmare diferența dintre cele două valori este disponibilă permanent la ieșirea din controler.

Minicalculatorul în sistemul *CNC*, în afară de asigurarea unor deplasări ale sculei pe traiectorii cît mai exacte, trebuie să îndeplinească și alte funcții. Ca urmare, dialogul minicalculator-mașină-unealtă referitor la controlul poziției sculei nu poate avea loc în mod continuu. Testarea poziților reale și emiterea mărimilor de referință spre sistemul de acționare se face într-un ritm fix, în timp eșantionat cu o frecvență $f_s = 1/T_0$. După fiecare perioadă T_0, minicalculatorul emite o nouă valoare a poziției de referință (fig. 4.72, *a*, *b*). Raportul $1/T_0$ poartă și numele de frecvență de serviciu.

Valoarea frecvenței de serviciu determină și o altă limită de utilizare a sistemelor *CNC*. În acest sens se consideră viteza de deplasare a mesei mașinii-unelte egală cu 6 m/min. Adoptînd un increment de deplasare de 1 μm rezultă că valoarea de referință a poziției mesei trebuie transmisă controlerului cu frecvența de 100 kHz. Dacă s-ar controla două axe cu frecvența amintită ar însemna ca întreaga capacitate a minicalculatorului să fie ocupată numai cu funcțiile de interpolare. Cercetările întreprinse în domeniul sistemelor *CNC* au arătat că valoarea de referință a poziției

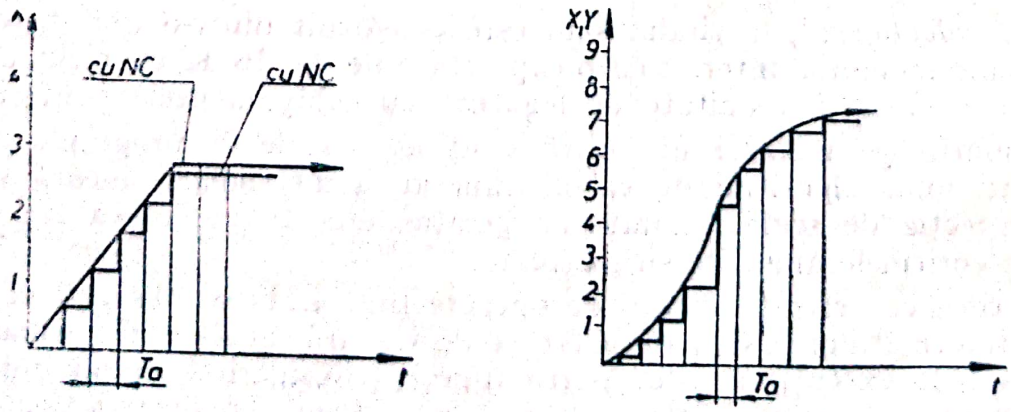


Fig. 4.72. Aproximarea curbelor în sistemele *CNC*:
a — drepte; *b* — curbe oarecare.

Scanned with OKEN Scanner

poate fi transmisă cu o frecvență mai redusă decît aceea a circuitelor de control a poziției $f_L = 10 \ldots 40$ Hz.

Limita inferioară este determinată de valoarea frecvenței care este sesizată încă de circuitul de control ca un semnal continuu.

Ca urmare, dacă sistemul de control are capacitatea de a transmite axelor valoarea de referință cu o frecvență cel puțin egală cu f_L, minicalculatorul poate fi utilizat pentru închiderea buclelor de reacție a poziției sculei.

Analize similare se pot face și în legătură cu alte funcții pe care trebuie să le îndeplinească minicalculatorul în sistemele *CNC*.

Interfața între minicalculator și mașina-unealtă asigură următoarele funcții:

— recepționează de la diferiți senzori de pe mașina-unealtă semnale de tip discret și digital și emite spre mașina-unealtă semnalele de comandă corespunzătoare;

— transmite semnale de putere pentru comanda organelor de acționare (relee, electrovalve, contactoare, etc.);

— generează semnalele de întrerupere;

— realizează conversiunea informațiilor și a semnalelor între minicalculatorul și organele de execuție.

Panoul de comandă al operatorului asigură comunicarea cu minicalculatorul în vederea realizării unor funcții ca:

— introducerea manuală a programului-piesă;

— modificări în program;

— selectarea și corecția sculelor;

— avansuri rapide etc.

Cititorul de bandă perforată se utilizează numai pentru introducerea datelor conținute în programul-piesă în memoria internă a minicalculatorului. În timpul procesului de prelucrare acest dispozitiv nu se folosește. Prin acest mod de utilizare a cititorului de bandă se înlătură erorile de citire ce se pot produce în cazul sistemelor *NC* cînd citirea se face succesiv pentru fiecare bloc în parte.

Deoarece citirea se face în afara procesului de prelucrare se pot utiliza cititoare mai ieftine, cu viteze mai mici.

4.4.3. Conducerea prin calculator a mai multor mașini-unelte NC — sistem DNC

Comanda numerică se folosește de obicei la prelucrarea pieselor în serii mici și mijlocii. Pentru o astfel de organizare a producției comanda numerică este rentabilă deoarece numărul de date ce trebuie manipulate este relativ redus. În condițiile diversificării tot mai accentuate a producției de bunuri materiale și a apariției unor mașini-unelte specializate dotate cu echipamente numerice, comanda numerică clasică nu poate asigura o productivitate maximă. Datorită creșterii numărului de programe ce cuprind un volum mare de date, dispecerizarea și actualizarea manuală a acestora nu mai este rentabilă [39]. Integrarea calculatoarelor numerice în sistemele de prelucrare cu comandă numerică constituie cheia în optimizarea întregului proces de producție, iar dezvoltarea sistemelor *DNC* una din soluționările practice ale problemelor amintite.

Sistemul *DNC* reprezintă un sistem de conducere directă prin calculator a unui grup de mașini-unelte cu comandă numerică. În cadrul acestui sistem, comunicarea cu mașina-unealtă se face prin calculator și nu prin

Scanned with OKEN Scanner

intermediul benzii perforate. Datele privind piesele (administrația și distribuția) ce se prelucrează pe mașinile-unelte cuprinse în sistemul *DNC* sînt preluate de calculatorul digital ce se poate programa liber. Comunicarea directă (modul interactiv, conversațional, on-line, în timp real) în ambele sensuri între mașina-unealtă și calculator constituie caracteristica comună a sistemelor *CNC* și *DNC*.

Calculatorul, datorită costului relativ mare al întregului sistem, trebuie să asigure, pe lîngă conducerea mașinilor-unelte, realizarea și a altor sarcini legate de organizarea și planificarea întregului proces de fabricație. Implimentarea acestor funcții a făcut posibilă coordonarea și automatizarea transferului de informații între toate sectoarele de producție, fapt ce a condus la creșterea productivității muncii și a reducerii costului. Coeficientul de utilizare a mașinilor-unelte cuprinse în sisteme *DNC* evoluate crește cu aproximativ 30% față de mașinile-unelte echipate cu sisteme clasice cu comanda numerică [5].

În cadrul acestor sisteme fluxul informațional are o configurație de tipul indicat în figura 4.73. El cuprinde toate verigile de informare necesare pentru a controla și urmări procesele de prelucrare planificate.

Dintre avantajele introducerii sistemelor *DNC*, ce constituie în același timp și factorii principali care au condus la dezvoltarea și implementarea acestor sisteme, se pot enumera următoarele:

— simplificarea întreținerii, utilizării și distribuirii informațiilor de comandă. La sistemele clasice *NC* benzile perforate sînt administrate central într-o bibliotecă de programe și sînt distribuite mașinilor-unelte corespunzătoare după metoda off-line.

La sistemele *DNC* informațiile de comandă sînt preluate de calculator. Ele sînt păstrate și arhivate pe memorii externe și în funcție de necesități sînt distribuite automat mașinilor-unelte (fig. 4.74, *a*, *b*);

— testarea, corectarea și modificarea informațiilor de comandă este mai

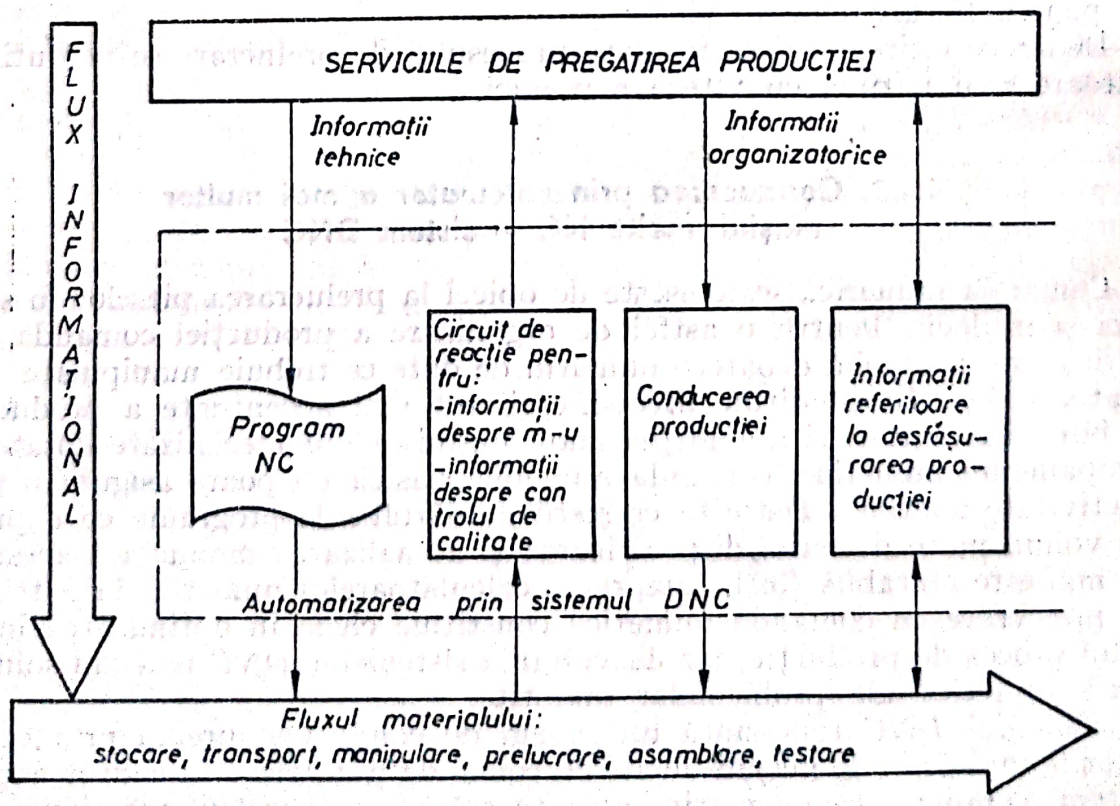


Fig. 4.73. Fluxul informațional în cadrul sistemelor *DNC*.

Scanned with OKEN Scanner

simplă decît în cazul sistemelor clasice *NC*. În cazul depistării unor greşeli pe banda perforată este necesară refacerea integrală a acesteia. La sistemele *DNC* orice modificare se face direct în memoria calculatorului prin unităţi adecvate de intrare-ieşire. Programul astfel corectat este imediat la dispoziţia utilizatorului;

— eliminarea benzii perforate şi a cititorului de bandă contribuie la mărirea vitezei de introducere a datelor şi la reducerea surselor de erori.

Avantajele pe care le prezintă sistemele *DNC* sînt în bună parte condiţionate de exploatarea raţională a tuturor posibilităţilor pe care le oferă calculatoarele numerice. Memoria trebuie astfel organizată şi încărcată încît calculatorul să preia numai o parte din funcţiile cablate ale echipamentului numeric şi să aibă anumite disponibilităţi şi pentru alte sarcini.

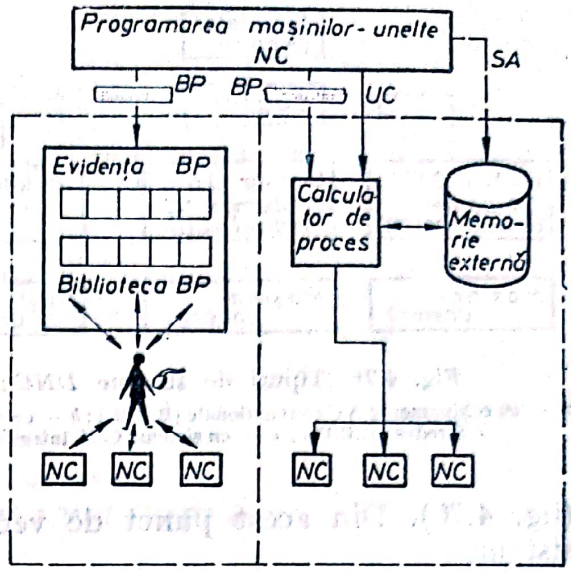


Fig. 4.74. Distribuirea informaţiilor de comandă:
a — sisteme *NC* convenţionale; *b* — sisteme *DNC*.

Dacă calculatorul ar fi utilizat numai pentru obţinerea şi distribuirea informaţiilor de comandă pentru diferite maşini-unelte, între un sistem *DNC* şi unul *NC* cu programare asistată nu ar exista diferenţe importante (fig. 4.75, *a*, *b*).

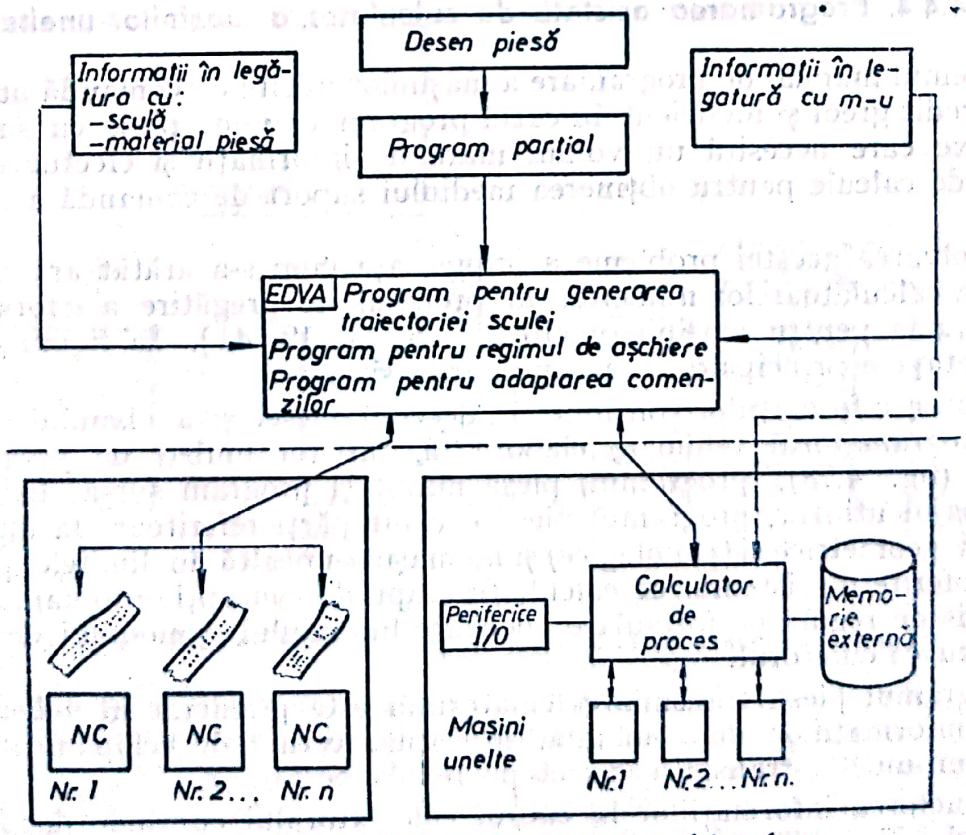


Fig. 4.75. Principiul de funcţionare a sistemelor:
a — *NC* convenţionale în varianta programării asistate; *b* — *DNC*.

Scanned with OKEN Scanner

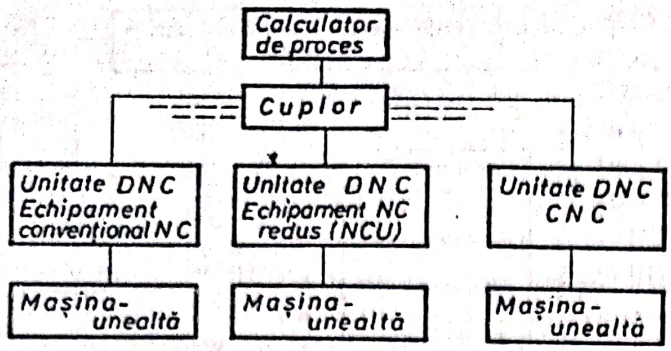


Fig. 4.76. Tipuri de sisteme *DNC*:
a — cu echipamente *NC* convenționale (B.T.R.); *b* — cu echipament *NC* redus (M.C.U.); *c* — cu sisteme *CNC* integrat.

Primele instalări de sisteme *DNC* s-au făcut, aproape simultan, în SUA și Japonia în 1967/68. Numărul de mașini-unelte comandate în diferitele sisteme *DNC* variază, în funcție de capacitatea calculatorului, de la 2—3 pînă la o secție (uzină) întreagă.

Configurația sistemelor DNC depinde de modul în care se împart funcțiile de comandă între calculator și sistemele de comandă a mașinii-unelte răspîndite sînt trei tipuri de (fig. 4.76). Din acest punct de vedere mai sisteme:

— sistemul *DNC* cu echipamente *NC* clasice cunoscute și sub numele de sistem *DNC BTR* (Behind the Tape Reader);
— sistemul *DNC* redus sau *DNC MCU* (Machine Control Unit);
— cu sistem *CNC* integrat în sistemul *DNC*.

Elementul de cuplare, prin care se face transferul datelor de comandă, leagă elementele de înregistrare a datelor din calculatorul de proces cu sistemul de comandă al unei mașini-unelte la un moment bine determinat. Partea de *DNC* preia sarcina adaptării unității de înregistrare a datelor la comanda numerică a mașinii-unelte.

4.4.4. Programarea asistată de calculator a mașinilor-unelte

Sistemul manual de programare a mașinilor-unelte cu comandă numerică s-a dovedit greoi și ineficient în cazul programării unor piese cu suprafețe complexe care necesită un volum mare de informații și efectuarea unui număr de calcule pentru obținerea mediului suport de comandă a mașinii-unelte.

Rezolvarea acestei probleme a impus, așa cum s-a arătat anterior, integrarea calculatoarelor numerice în procesul de pregătire a informațiilor de comandă pentru mașinile-unelte [1, 5, 11, 12, 41]. În figura 4.77 se indică etapele principale ale programării asistate.

Pe baza informațiilor conținute în desenul piesei și a planului de operații programatorul tehnolog elaborează, într-un limbaj de programare special (fig. 4.78), programul piesă numit și program sursă. În funcție de limbajul utilizat, programul piesă conține părți referitoare la piesă (informații geometrice și tehnologice) și la mașina-unealtă în limitele posibilităților oferite de sistemul de calcul. În etapa de concepție programul piesă este scris de regulă pe formulare adecvate limbajului și modului de comunicare cu calculatorul.

Programul piesă transmis calculatorului este prelucrat în vederea obținerii informațiilor de comandă, în forma cerută de echipamentul *NC* al mașinii-unelte, transpuse direct pe banda perforată.

Prelucrarea informațiilor în cadrul calculatorului cuprinde două etape principale (fig. 4.79). În prima etapă un program de bază de calculator prelucrează informațiile referitoare la piesă (precizată prin intermediul

Scanned with OKEN Scanner

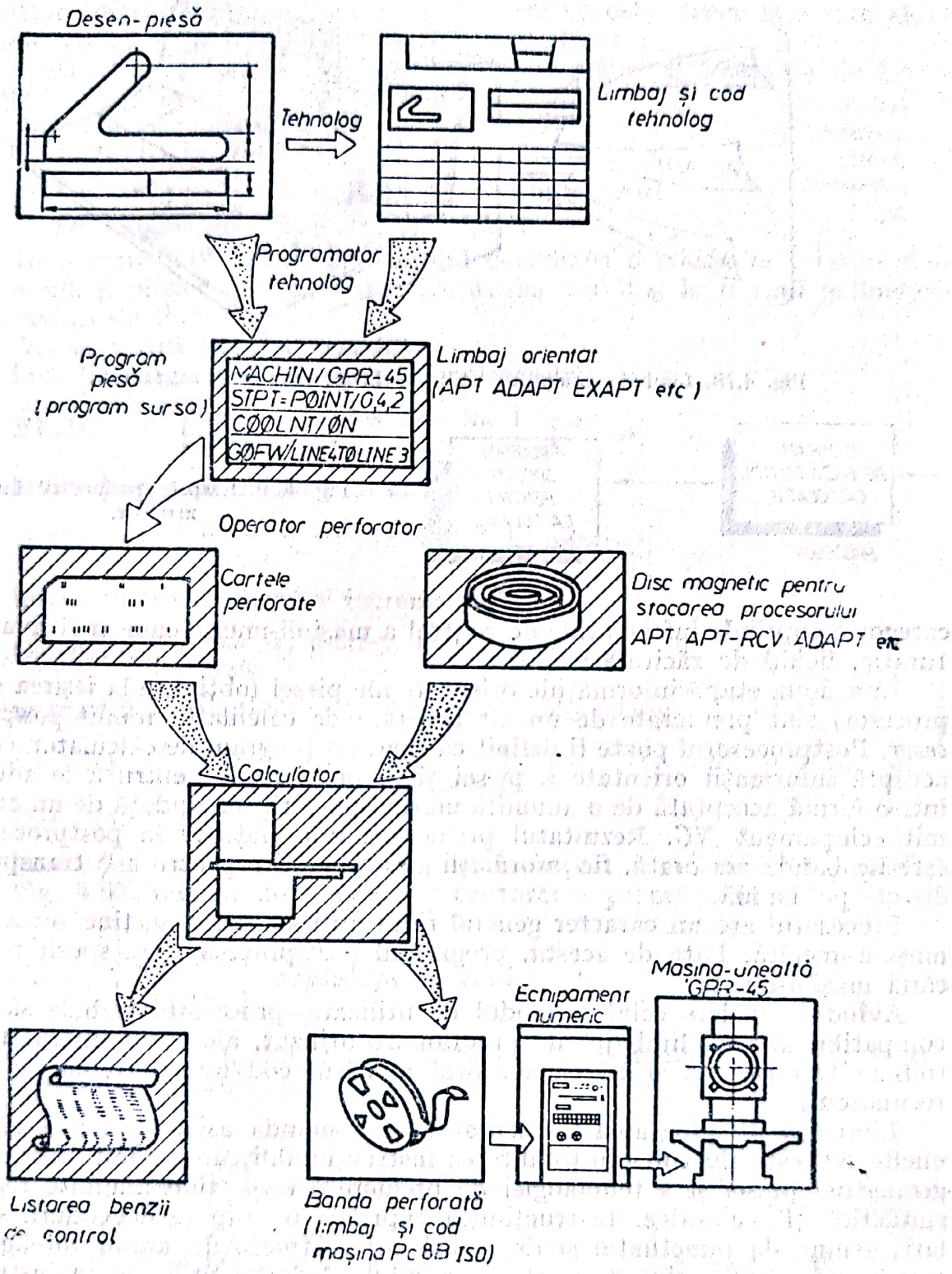


Fig. 4.77. Etapele elaborării mediului suport la programarea asistată.

unui limbaj orientat) transmise calculatorului printr-un mediu suport adecvat (cartele perforate, benzi magnetice etc.). Acest program, purtînd denumirea de *procesor*, este utilizat cu unul din sistemele software *APT*, *ADAPT*, *APT-RCV* etc., constituind limbajele de programare orientate. Ieşirea dintr-un asemenea program *APT*, *APT—RCV* etc. constă în două categorii de bază de informaţii. Prima se referă la plasarea sculei (centrului acesteia) în spaţiul piesei constituind informaţiile dimensionale. A doua

Scanned with OKEN Scanner

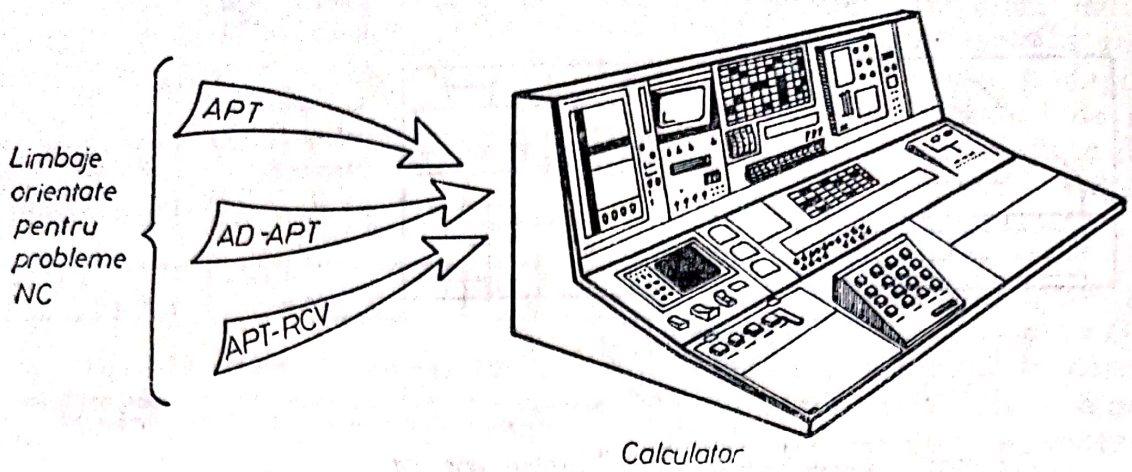


Fig. 4.78. Limbaje orientate utilizate la programarea asistată.

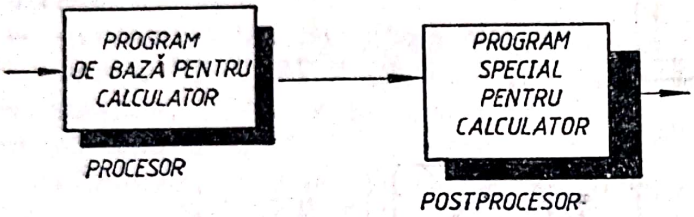


Fig. 4.79. Etapele prelucrării informaţiilor.

categorie cuprinde informaţiile de control a maşinii-unelte cum ar fi avans, turaţie, lichid de răcire etc.

În a doua etapă informaţiile orientate ale piesei (obţinute la ieşirea din procesor) sînt prelucrate de un alt program de calculator numit *postprocesor*. Postprocesorul poate fi definit ca fiind un program de calculator care acceptă informaţii orientate a piesei şi le prelucrează pentru a le aduce într-o formă acceptată de o anumită maşină-unealtă comandată de un anumit echipament *NC*. Rezultatul prelucrării informaţiilor în postprocesor este fie banda perforată, fie informaţii gata pregătite pentru a fi transpuse direct pe bandă.

Procesorul are un caracter general fiind utilizat fără a se ţine sema de maşina-unealtă. Faţă de acesta, programul post-procesor este specific fiecărei maşini-unelte.

Avînd în vedere rolul şi modul de utilizare, procesorul trebuie să fie compatibil atît cu limbajul de programare utilizat, ale cărui instrucţiuni trebuie traduse, cît şi cu calculatorul al cărui cod intern trebuie să fie recunoscut.

Limbajul de programare orientat spre comanda asistată a maşinilor-unelte *NC* este alcătuit din totalitatea instrucţiunilor care permit descrierea geometriei piesei şi a tehnologiei de prelucrare respectînd anumite reguli sintactice şi semantice. Instrucţiunea cuprinde o grupare de coduri, scalari, semne de punctuaţie şi de calcul ce alcătuiesc un anunţ inteligibil respectînd regulile sintactice ale limbajului. Codurile utilizate în instrucţiunile limbajelor evoluate, de obicei mneumonice (bazate pe cuvinte din limbajul curent), permit descrierea procesului de prelucrare de pe maşinile-unelte. Cîteva exemple de coduri utilizate sînt următoarele: CIRCLE, PØINT, LEFT, FEDRAT, STØP, RAPID, SPINDL, ØUTTØL, CØØLNT, REMARK, FINI, etc.

Limbajul *APT—RCV*, prezentat succint în scopul înţelegerii unui exemplu de programare, poate exprima instrucţiuni geometrice, de calcul, tehnologice, de mişcare, speciale şi post-procesor.

Prin instrucțiunile geometrice se descriu curbele elementare care alcătuiesc conturul piesei (linii, puncte, cercuri etc.).

Instrucțiunile tehnologice definesc forma sculei și toleranța de fabricație:

— scula cu vîrf plat, toric sau sferic:
CUTTER/d, r

— toleranța externă, internă și internă/externă:
ØUTTØL/to; INTØL/ti; TØLER/t

Instrucțiunile de deplasare asigură descrierea deplasărilor relative dintre sculă și piesă: de poziționare (cu avans rapid) și în timpul prelucrării (cu avans de lucru).

Aceste instrucțiuni se referă la:

— inițializarea mișcării (punctul de plecare):

FRØM / { *abscisă, ordonată, cotă* / *simbol-punct* }, [viteza]

— instrucțiunea de mișcare absolută:

GØTØ / { *abscisă, ordonată, cotă* / *punct* }, [viteza]

— instrucțiunea de mișcare incrementală:

GØDLTA / { *incr.-x, incr.-y, incr.-z* / *vector* }, [viteza]

— instrucțiuni de stabilire a direcției de deplasare:

INDIRP / { *punct,* / *abscisă, ordonată, cotă* }

INDIRY / { *vector* }

— instrucțiuni de poziționare a sculei în raport de o anumită suprafață (fig. 4.80) înainte de a avea loc conturarea propriu-zisă:

GØ / { TØ / ØN / PAST }, suprafață de ghidaj

Modificatorii TØ, ØN, PAST, indică poziția finală a sculei în raport cu suprafața de ghidaj (fig. 4.81).

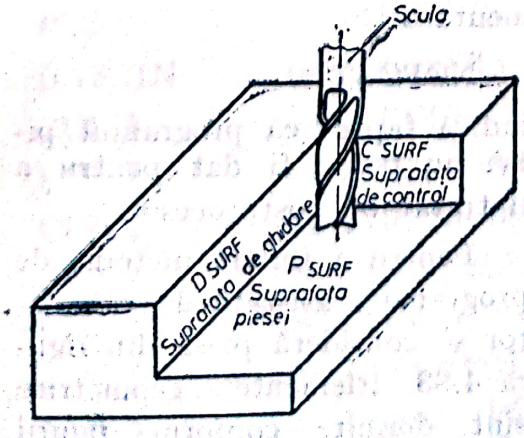


Fig. 4.80. Definirea suprafețelor DSURF, CSURF și PSURF.

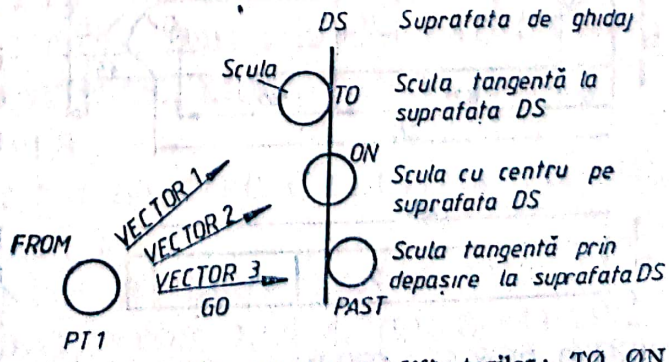


Fig. 4.81. Semnificația modificatorilor: TØ, ØN, DAST.

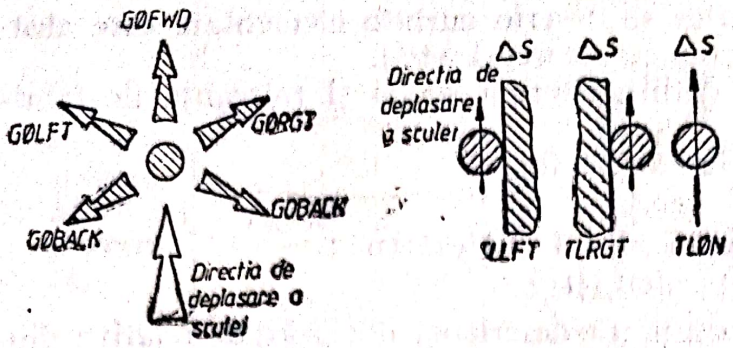


Fig. 4.82. Semnificaţia modificatorilor: GØBACK, GØLFT, GØFWD şi GØRGT.

— instrucţiuni de deplasare continuă:

$$\left[\left\{\begin{matrix}\text{TLLFT}\\ \text{TLRGT}\\ \text{TLON}\end{matrix}\right\},\right]\ \left[\left\{\begin{matrix}\text{TLONPS}\\ \text{TLOFPS}\end{matrix}\right\},\right]\ \left\{\begin{matrix}\text{GØLFT}\\ \text{GØRGT}\\ \text{GØFWD}\\ \text{GØBACK}\end{matrix}\right\}\ /\ \text{suprafaţă 1, \$}$$

$$\left[\left\{\begin{matrix}\text{TØ}\\ \text{ØN}\\ \text{PAST}\\ \text{,TANTØ}\end{matrix}\right\}\ \text{suprafaţă 2}\right]$$

Semnificaţia unora din modificatorii anteriori rezultă din figura 4.81 şi 4.82. Modificatorii TLØNPS şi TLØFPS indică dacă scula se află sau nu în suprafaţa piesei PSURE (fig. 4.80).

Suprafaţa piesei poate fi definită şi astfel:

PSIS/plan

Instrucţiunile de serviciu

PARTNØ

indică debutul unui program piesă şi precizează denumirea sa,

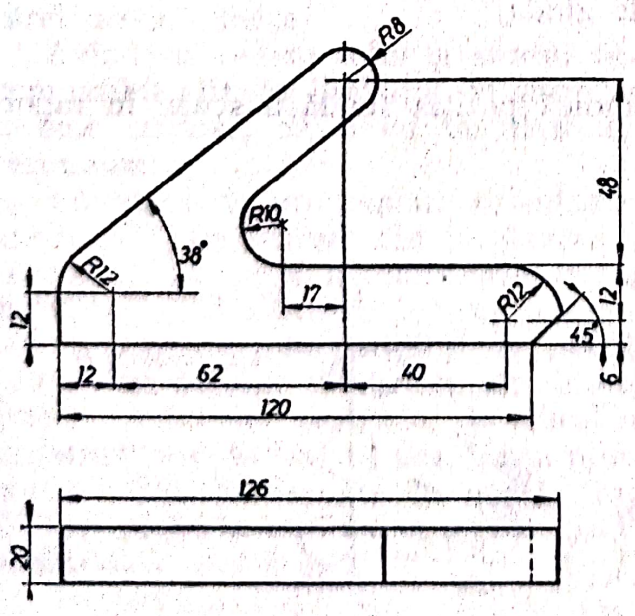


Fig. 4.83. Piesa model pentru programarea asistată.

FINI

sfîrşitul unui program piesă,

REMARK

permite introducerea unor comentarii,

NØPØST

indică faptul că programul piesă nu poate fi dat pentru a fi tratat de postprocesor.

Pentru a ilustra metoda de programare asistată de calculator se consideră piesa din figura 4.83. Elementele geometrice sînt definite conform figurii 4.84.

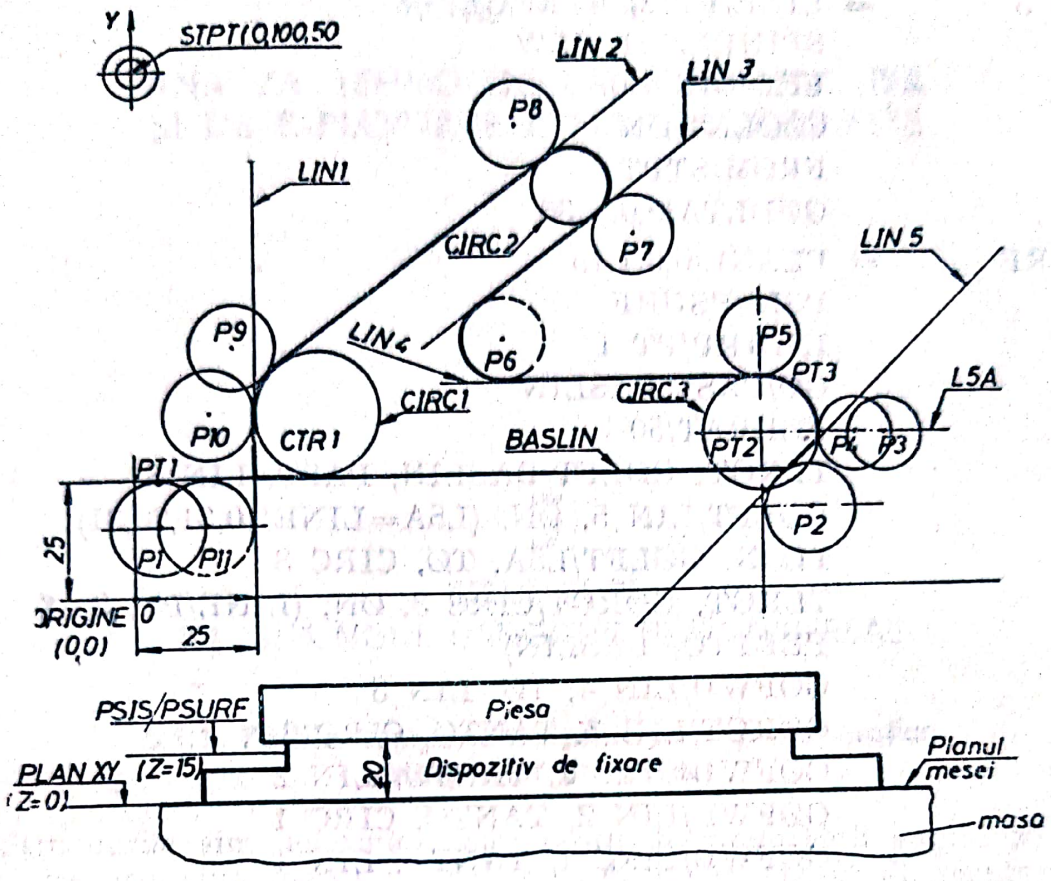


Fig. 4.84. Definirea curbelor elementare geometrice pentru piesa din figura 4.83.

Programul complet de prelucrare a piesei (fig. 4.83) este :

```
PARTNØ      PIESA DE PRØBA DIN ALUMINIU CØD ALU-25-78
REMARK      PROGRAM REVIZUIT
            INTØL/0.005
            ØUTTØL/0.005
            CUTTER/20,3
STPT        = PØINT/0,100,50
PT1         = PØINT/5,25
PT2         = PØINT/145,25
PT3         = PØINT/139,43
BASLIN      = LINE/PT1, PT2
CIRC1       = CIRCLE/CENTER, (PØINT/12,12), RADIUS 12
LIN 1       = LINE/ (PØINT/25,25), LEFT, TANTØ, CIRC 1
CIRC2       = CIRCLE/99,91,8
LIN 2       = LINE/LEFT,TANTØ, CIRC 1, LEFT, TANTØ, CIRC2
CIRC 3      = CIRCLE/139,31,12
LIN 4       = LINE/(PØINT/99,43), LEFT, TANTØ, CIRC 3
LIN 3       = LINE/ (PØINT/INTØF, LIN 4, (LINE/PARLEL, $
              LIN 2, X LARGE, 16)), RIGHT, TANTØ, CIRC 2
```


Scanned with OKEN Scanner

```
LIN 5       = LINE/PT 2, ATANGL, 45
              SPINDL/950, CLW
              FEDRAT/500
              CØØLNT/ØN
              FRØM/STPT
              GØDLTA/0,0,-35
PSURF       = PLANE/0,0,1,15
              PSIS/PSURF
              INDIRP/PT 1
              GØ/PAST,BASLIN
              FEDRAT/50
              TLRGT, GØLFT/BASLIN, PAST, LIN 5
              GØLFT/LIN 5, ON, (L5A=LINE/10,31,20,31)
              TLØN, GØLFT/L5A, TØ, CIRC 3
              TLRGT, GØRGT/CIRC 3, ØN, (LINE/PT, 3, $
              PERPTØ, BASLIN)
              GØFWD/LIN 4, TØ, LIN 3
              GØRGT/LIN 3, TANTØ, CIRC 2
              GØFWD/CIRC 2, TANTØ, LIN 2
              GØFWD/LIN 2, TANTØ, CIRC 1
              GØFWD/CIRC 1, TANTØ, LIN 1
              GØFWD/LIN 1, PAST, BASLIN
              CØØLNT/ØFF
              FEDRAT/500
              STØP
              FINI
```

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA A DOUA

ANALIZA TEHNOLOGICĂ, CONSTRUCTIVĂ ŞI DE EXPLOATARE A MAŞINILOR-UNELTE

5

STRUNGURI

5.1. STRUNGUL LONGITUDINAL UNIVERSAL

5.1.1. Părţile componente principale şi cinematica strungurilor universale

Strungurile sînt maşinile-unelte destinate prelucrării suprafeţelor de revoluţie prin combinarea mişcării de rotaţie (executată de semifabricat) cu mişcarea de avans (executată de sculă).

Suprafeţele caracteristice ce se prelucrează sînt: cilindrică sau conică, exterioară sau interioară, plană, elicoidală, spirală, toate prelucrate cu cuţit de strunjit. Se mai utilizează şi alte tipuri de scule cum sînt: burghiul, alezorul, tarodul, filiera etc. În cazuri excepţionale se pot efectua şi operaţii de frezare sau rectificare, prin utilizarea dispozitivelor corespunzătoare de adaptare.

Caracteristica strungurilor longitudinale universale constă în faptul că arborele principal este orizontal, avansul cu cursa mare este în direcţia axei arborelui principal şi permite prelucrarea unei game largi de operaţii, tipuri de dimensiuni de suprafeţe.

Părţile componente principale şi mişcările efectuate sînt redate în figura 5.1. Păpuşa fixă *1* conţine lanţul cinematic al mişcării principale (cutia de viteze *CV*). Mişcarea este preluată de la motorul electric *Me* şi transmisă la arborele principal *2*, pe care se află mandrinul *3*, în care se fixează semifabricatul de prelucrat. Cuţitul de strunjit şi alte tipuri de scule, se fixează în suportul *4* care, împreună cu sania portsculă *5*, execută mişcarea de avans manual *IV*. Scula mai execută avansul transversal *III* împreună cu sania transversală, şi avansul longitudinal *II* împreună cu căruciorul *7*. Avansul longitudinal *II* poate fi avans de strunjire, cînd este preluat de la bara de avans (*BA*), sau avans de filetare, cînd mişcarea este preluată de la şurubul conducător (*SC*). Ramificarea mişcărilor se produce în cutia căruciorului (*CC*).

Lanţul cinematic al mişcărilor de avans preia mişcarea din cutia de viteze şi o transmite prin lira roţilor de schimb (*RS*) la cutia de avansuri (*ca*). De aici mişcarea se ramifică către bara de avans (bara canelată) sau către şurubul conducător.

Scanned with OKEN Scanner

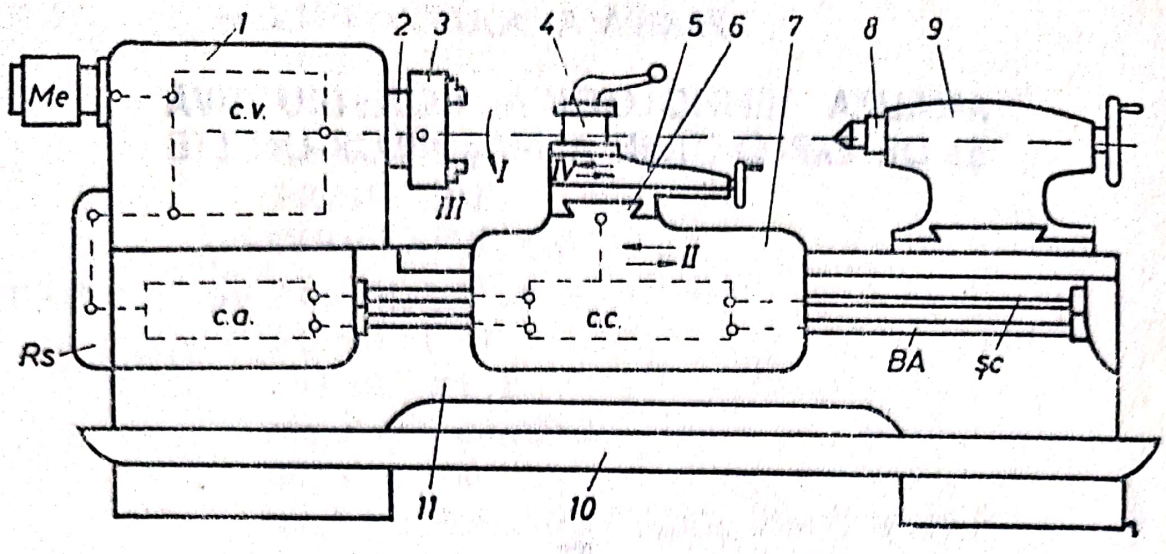


Fig. 5.1. Vedere asupra strungului universal.

Semifabricatele lungi se sprijină cu vîrful din pinola *8* a păpuşii mobile *9*. Păpuşa mobilă şi pinola pot fi poziţionate axial, pe ghidaje longitudinale ale batiului, în funcţie de lungimea semifabricatului. Aşchiile rezultate din prelucrare şi lichidul de răcire-ungere sînt colectate în tava *10*. Toate subansamblurile strungului sînt montate pe batiul *11*.

În figura 5.2 este prezentată fotografia unui asemenea strung, cu menţionarea principalelor organe de comandă, care sînt: *1* — manetă pentru legarea strungului la reţeaua electrică de alimentare; *2* — manetă pentru pornirea şi oprirea mişcării principale, respectiv de rotire a arborelui principal; *3* şi *4* — manete pentru schimbarea turaţiei arborelui principal; *5* — manetă pentru alegerea domeniului de valori ale avansului şi filetelor (1 : 8; 1 : 1, ; 8 : 1); *6* — manetă pentru ramificarea mişcării către bara de avans sau către şurubul conducător; *7* — manetă pentru selectarea

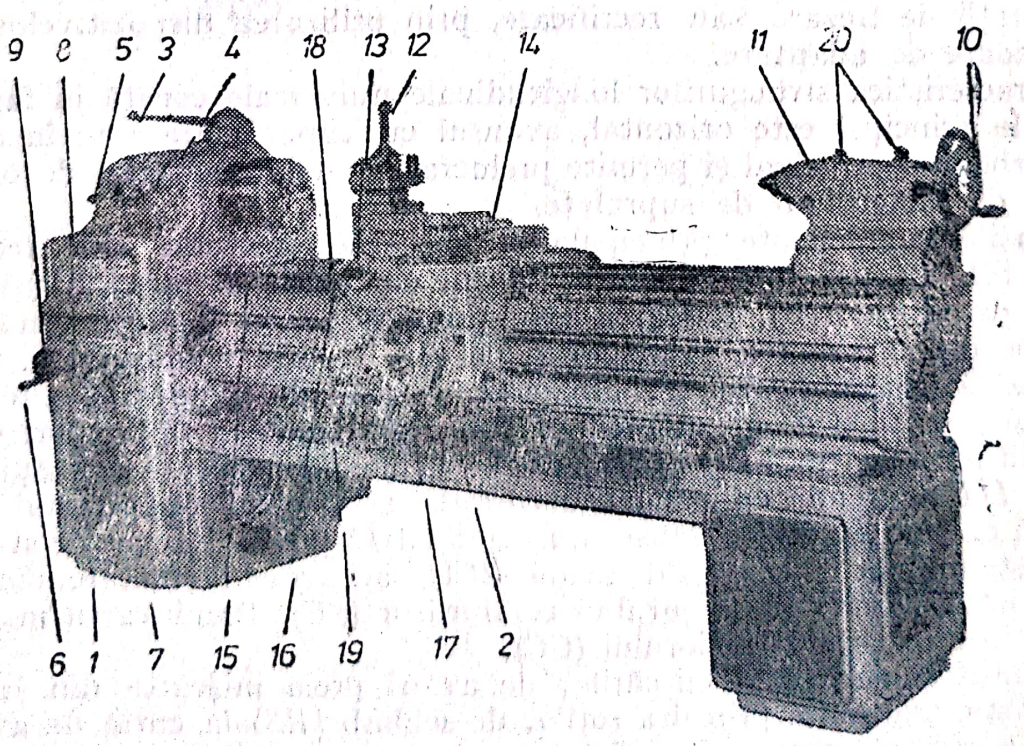


Fig. 5.2. Strung universal de finisare.

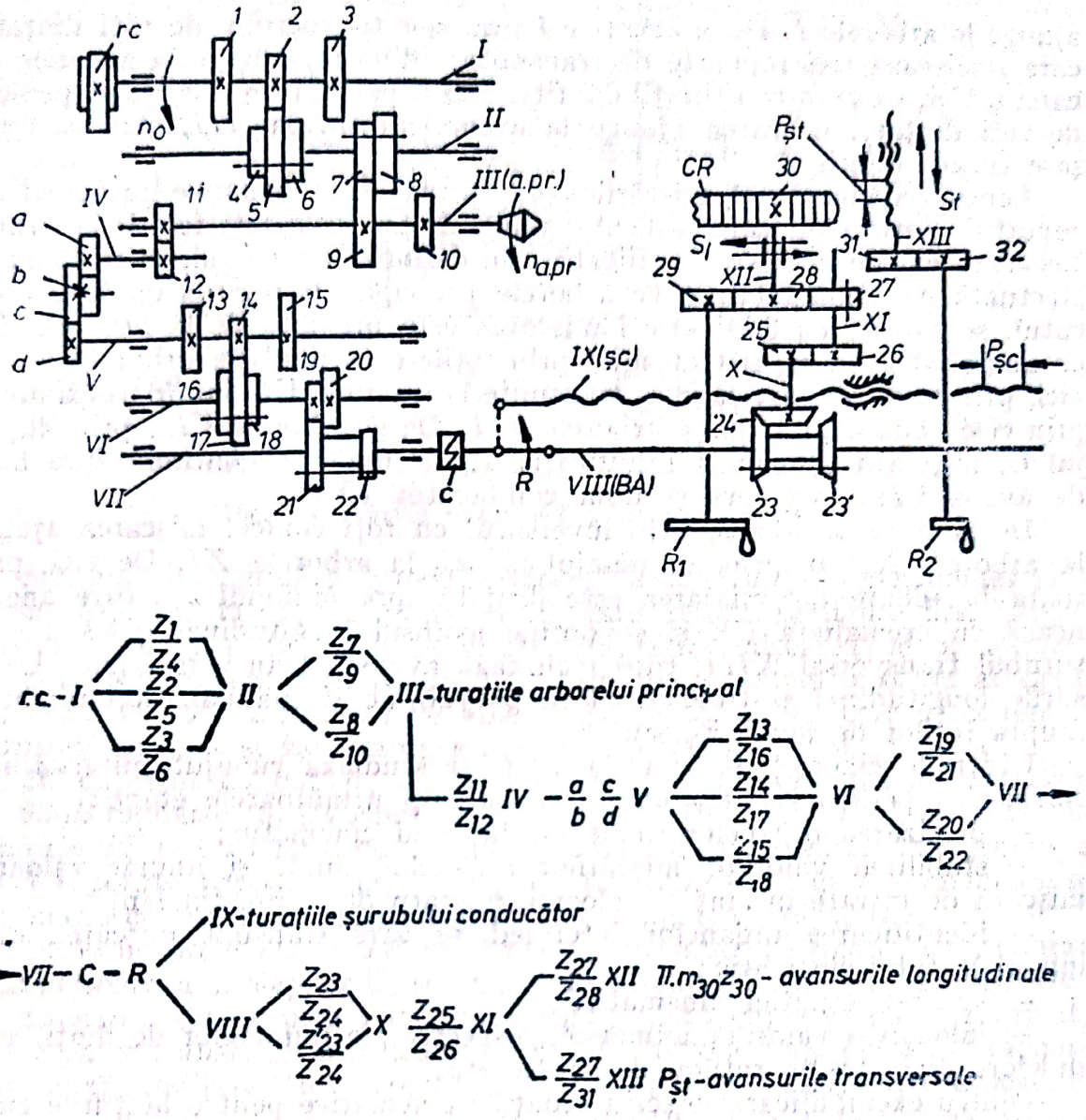


Fig. 5.3. Schema cinematică a strungului simplu (*a*) și schema structurală a strungului simplu (*b*).

felului filetului (metric, țoli etc.); *8* și *9* — roți de mînă pentru mecanismul Norton; *10* — roată de mînă pentru acționarea pinolei; *11* — manetă pentru blocarea pinolei; *12* — manetă pentru blocarea suportului de scule; *13* — manetă pentru avans transversal; *14* — manetă pentru acționarea saniei portsculă; *15*, *16* — limitator de cursă; *17* — roată de mînă pentru deplasarea căruciorului; *18* — manetă pentru selectarea avansurilor longitudinal, transversal și de filetare; *19* — manetă pentru avans rapid; *20* — șuruburi de blocare a păpușii mobile.

Schema cinematică a unui strung longitudinal simplu este dată în figura 5.3, *a* și conține: *a* — lanțul cinematic al mișcării principale, care asigură gama vitezelor de așchiere (v); *b* — lanțul cinematic de avans longitudinal (s_l); *c* — lanțul cinematic de avans transversal (s_t) și *d* — lanțul cinematic al avansului de filetare.

Posibilitățile de transmitere a mișcărilor se pot stabili cu ajutorul *schemei structurale*, redată în figura 5.3, *b* pentru strungul din figura 5.3, *a*. Citind schema structurală se deduce că mișcarea de la roata de curea ($r \cdot c$)

ajunge la arborele *I*. De la arborele *I* prin cele trei perechi de roți dințate, care realizează trei rapoarte de transmitere diferite, ajunge la arborele *II* care, astfel, va avea trei turații diferite. Mai departe, prin cele două perechi de roți dințate, mișcarea ajunge la arborele principal *III*, care va avea șase turații diferite.

Lanțul cinematic al mișcărilor de avans leagă arborele principal cu suportul portsculă, care execută unul dintre cele trei feluri de avans. Legătura cinematică este justificată prin definiția avansului, ca fiind cursa efectuată de sculă în timp ce arborele principal, împreună cu semifabricatul, se rotește cu 360°. Deci mișcarea este preluată de la arborele *III* cu angrenajul z_{11}, z_{12} și transmisă prin roțile de schimb la arborele *V*. De aici, prin cele trei angrenaje se transmite la arborele *VI*, iar în continuare, prin cele două angrenaje, la arborele *VII*. De la arborele *VII*, prin cuplajul *C*, mișcarea ajunge la ramificația *R*, de unde se continuă spre bara de avans *VIII* sau spre șurubul conducător *IX*.

De la bara de avans, prin inversorul cu roți conice, mișcarea ajunge la arborele *X*, iar prin angrenajul z_{25}, z_{26} la arborele *XI*. De aici, prin roata baladoare z_{27}, mișcarea este dirijată spre pinionul z_{30}, care angrenează cu cremaliera *CR* și se obține avansul longitudinal (s_l) sau spre șurubul transversal *XIII*, care realizează avansul transversal (s_t). Avansurile longitudinal și transversal se pot obține și manual, acționîndu-se asupra roților de mînă R_1 sau R_2.

Lanțurile cinematice, luate separat, se studiază cu ajutorul *ecuațiilor cinematice*, pentru scrierea cărora se parcurg următoarele etape:

— precizarea organelor finale ale lanțului cinematic;

— stabilirea valorilor mișcărilor organelor finale și anume valoarea mișcării de intrare în lanț și valoarea mișcării de ieșire din lanț;

— identificarea organelor intermediare care transmit mișcarea de-a lungul lanțului cinematic;

— scrierea ecuației cinematice;

— înlocuirea valorilor numerice, respectiv ale numerelor de dinți, modulelor, diametrelor roților de curea etc.

Pentru exemplificare se scriu ecuațiile cinematice pentru lanțurile cinematice ale strungului din figura 5.3.

— Pentru lanțul cinematic al mișcării principale:

$$n_0 \cdot i_{I-II} \cdot i_{II-III} = n_{a\cdot pr},$$

unde i_{I-II} și i_{II-III} reprezintă rapoartele de transmitere ale angrenajelor dintre arborii *I—II*, respectiv *II—III*.

— Pentru lanțul cinematic al avansului longitudinal:

$$1_{rot\cdot a\cdot pr} \frac{z_{11}}{z_{12}} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot i_{V-VI} \cdot i_{VI-VII} \cdot \frac{z_{23}}{z_{24}} \cdot \frac{z_{25}}{z_{26}} \cdot \frac{z_{27}}{z_{28}} \pi \cdot m_{30} \cdot z_{30} = s_l;$$

— Pentru lanțul cinematic al avansului transversal:

$$1_{rot\cdot a\cdot pr} \cdot \frac{z_{11}}{z_{12}} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot i_{V-VI} \cdot i_{VI-VII} \cdot \frac{z_{23}}{z_{24}} \cdot \frac{z_{25}}{z_{26}} \cdot \frac{z_{27}}{z_{31}} \cdot p_{şt} = s_t;$$

— Pentru lanțul cinematic al avansului de filetare:

$$1_{rot\cdot a\cdot pr} \cdot \frac{z_{11}}{z_{12}} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot i_{V-VI} \cdot i_{VI-VII} \cdot p_{şc} = p_f,$$

unde p_f este pasul filetului piesei de filetat.

Scanned with OKEN Scanner

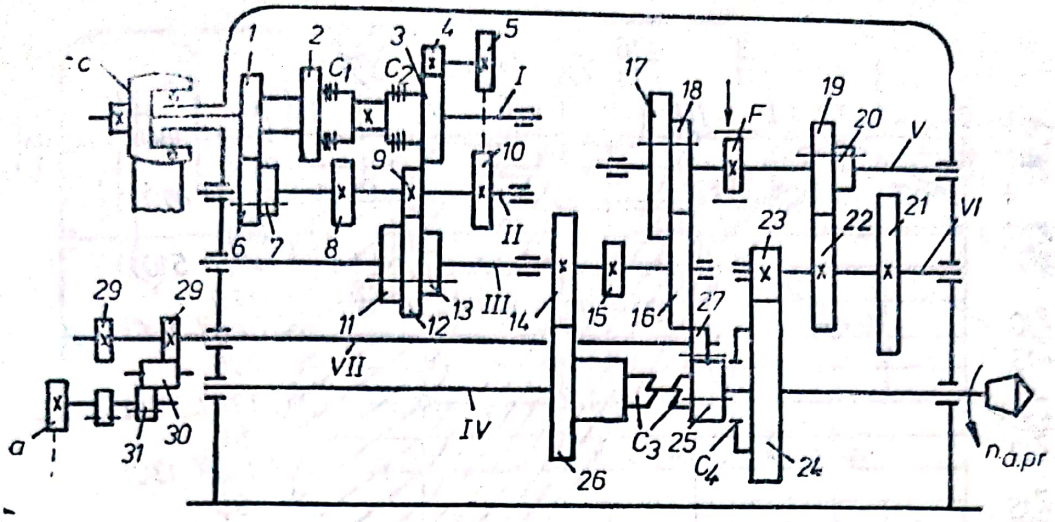


Fig. 5.4. Schema cinematică a cutiei de viteze.

Schema cinematică a cutiei de viteze de la strungul longitudinal universal S-3, de fabricaţie românească, este redată în figura 5.4. Lanţul cinematic, cuprins în cutia de viteze, transmite mişcarea de la motorul electric (nereprezentat în figura 5.4), prin roata de curea *rc*, la arborele principal *IV*. Pe arborele *I* se află cuplajele C_1, C_2 cu care se comandă pornirea, oprirea şi inversarea sensului mişcării arborelui principal.

Cu cuplajul C_1 cuplat, de la arborele *I* la *II* mişcarea se transmite cu două rapoarte de transmitere z_1/z_6 şi z_2/z_7. Cu cuplajul C_2 mişcarea la arborele *II* se transmite cu un singur raport de transmitere, ca produs a două rapoarte parţiale $z_3/z_4 \cdot z_5/z_{10}$. De la arborele *II* la *III* mişcarea se transmite cu trei rapoarte de transmitere z_8/z_{11} z_9/z_{12} şi z_{10}/z_{13}.

De la arborele *III* la *IV* mişcarea se transmite pe două căi şi anume prin acţionarea cuplajelor C_3 sau C_4. Cînd cuplajul C_3 este cuplat, mişcarea se transmite direct prin angrenajul z_{14}/z_{26}. Cînd cuplajul C_4 este cuplat, mişcarea se transmite prin arborii *V* şi *VI*. Între arborii *III* şi *V* rapoartele de transmitere sînt formate cu roţile z_{15}/z_{17} şi z_{16}/z_{18}, între arborii *V* şi *VI* cu roţile z_{19}/z_{22} şi z_{20}/z_{21}, iar între arborii *VI* şi *IV* cu roţile z_{23}/z_{24}.

Posibilităţile de transmitere a mişcării, descrise mai sus, se pot urmări uşor şi cu ajutorul schemei structurale din figura 5.5, *a*. În sens normal

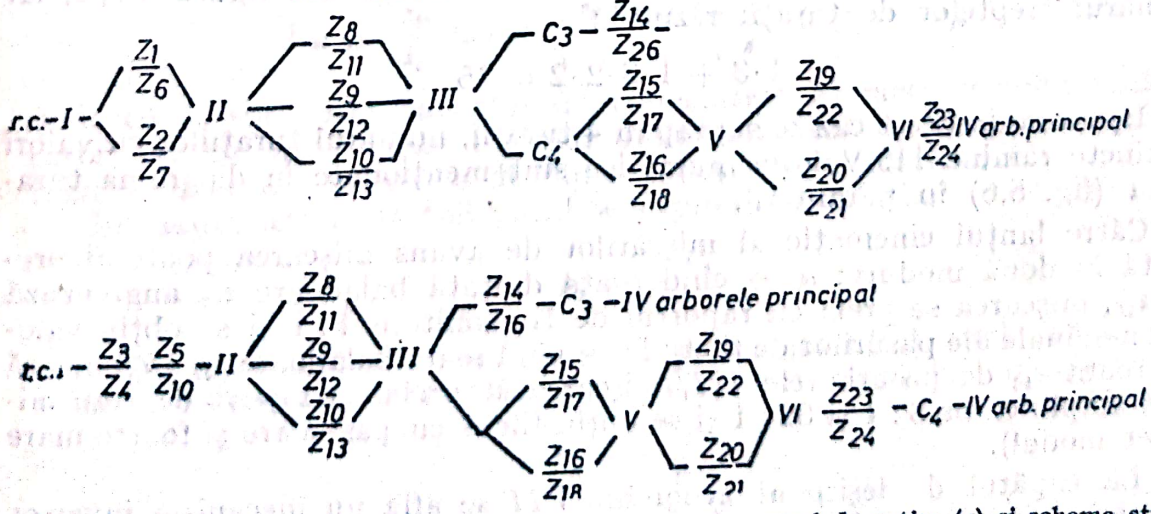


Fig. 5.5. Schema structurală a cutiei de viteze — sens normal de rotire (*a*) şi schema structurală a cutiei de viteze — Sens opus de rotire (*b*).

Scanned with OKEN Scanner

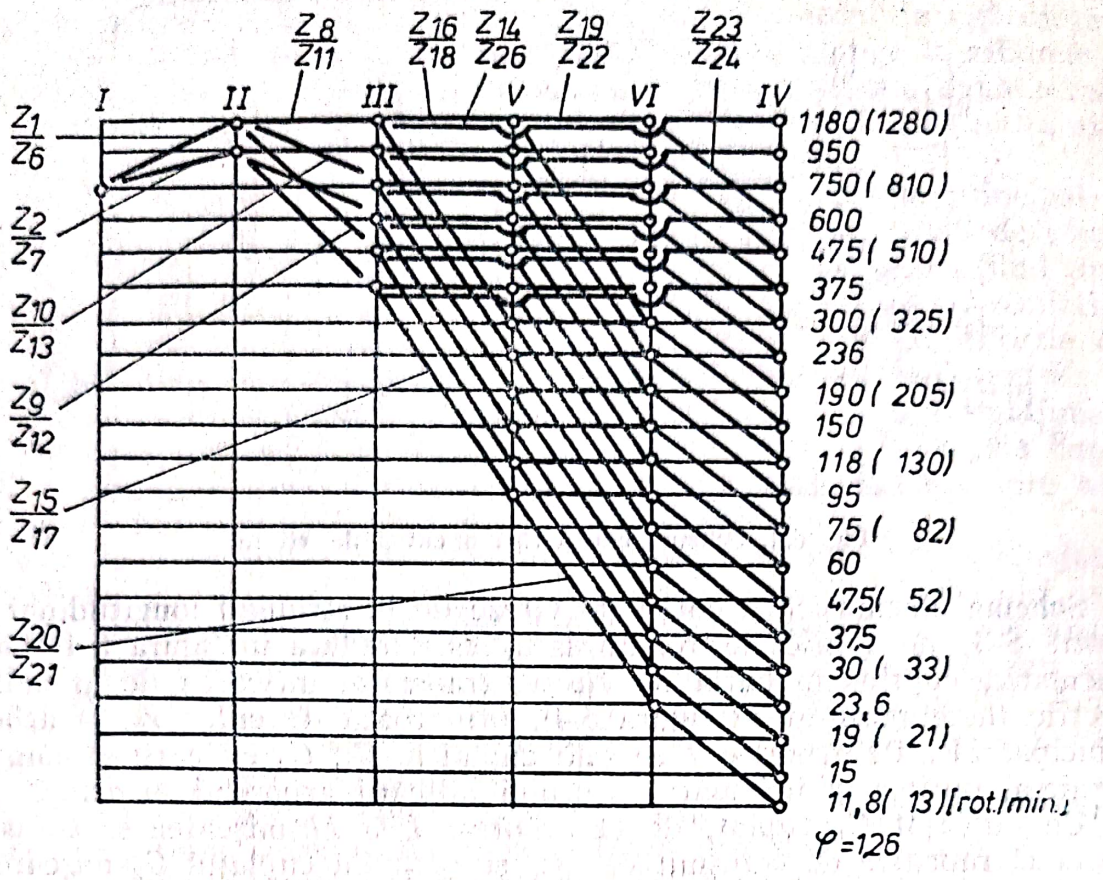


Fig. 5.6. Diagrama turaţiilor.

de rotire al arborelui principal, cînd C_1 este cuplat, numărul treptelor de turaţii rezultă din formula structurală:

$$2 \cdot 3 + 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 = 30.$$

Deoarece nouă turaţii se suprapun, după cum se poate observa din diagrama turaţiilor (fig. 5.6), rămîn 21 de turaţii distincte. Valorile turaţiilor sînt menţionate pe diagrama turaţiilor.

Pentru cazul cînd cuplajul C_2 este cuplat, deci arborele principal se roteşte în sens opus, schema structurală are forma din figura 5.5, *b*, iar numărul treptelor de turaţii rezultă:

$$1 \cdot 3 + 1 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 = 15.$$

Deoarece în acest caz se suprapun 4 turaţii, numărul turaţiilor cu valori distincte rămîne 11. Valorile numerice sînt menţionate în diagrama turaţiilor (fig. 5.6) în paranteză.

Către lanţul cinematic al mişcărilor de avans mişcarea poate fi preluată în două moduri: *a* — cînd roata dinţată baladoare z_{27} angrenează cu z_{25}, mişcarea se preia cu raportul de transmitere 1 : 1 şi se obţin valorile nominale ale pasurilor de filet; *b* — cînd roata baladoare z_{27} angrenează cu roata z_{16} de pe arborele *III*, mişcarea se preia cu raport de transmitere amplificator 8 : 1 şi 32 : 1 şi se obţin filete cu pas mare şi foarte mare (filet modul).

La capătul de ieşire al arborelui *VII* se află un mecanism inversor de sens, cu care se inversează sensul mişcărilor de avans de filetare, la acelaşi sens de rotire al arborelui principal. Se utilizează pentru readu-

Scanned with OKEN Scanner

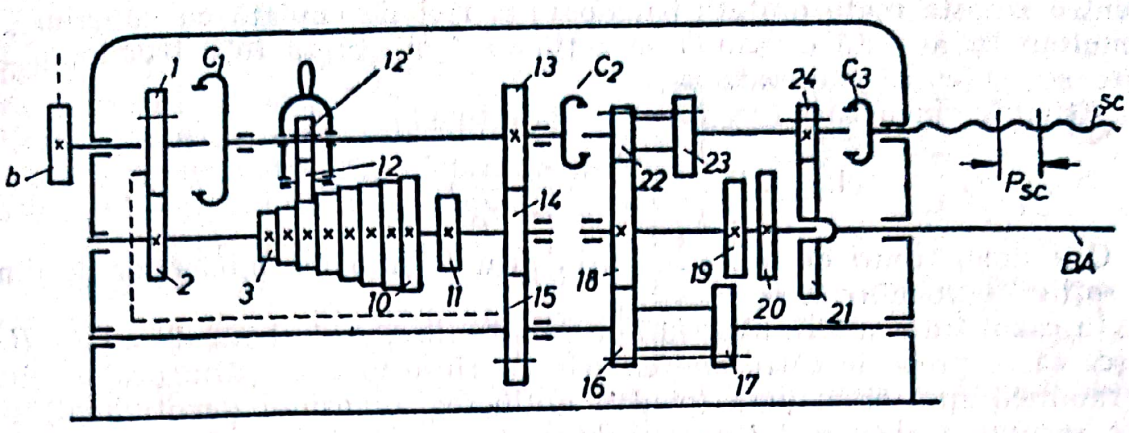


Fig. 5.7. Schema cinematică a cutiei de avansuri.

cerea cuţitului, cu cursă în gol, în scopul repetării trecerilor, deci a îndepărtării unei noi aşchii.

Diagrama de turaţii a cutiei de viteze din figura 5.4 este redată în figura 5.6. Valorile turaţiilor în sens opus, comparativ cu cele în sens normal, sînt mai mari pentru ca viteza de avans la cursa în gol să rezulte mai mare, deci să se reducă timpii auxiliari.

Schema cinematică a cutiei de avansuri, aparţinînd lanţului cinematic al mişcărilor de avans al aceluiaşi strung universal S—3, este reprezentată în figura 5.7. Cutia de avansuri permite obţinerea avansurilor de strunjire şi a avansurilor de filetare. Se pot prelucra patru feluri de filetări: *a* — filet metric; *b* — filet în ţoli (Whitworth); *c* — filet modul şi *d* — filet Diametral-Pitch. Pentru obţinerea avansurilor de strunjire roata baladoare z_{24} este în angrenare cu roata z_{21}, de unde se transmite la bara de avans *BA*.

În cazul filetelor metrice şi modul mişcarea se transmite prin angrenajul z_1/z_2 la roţile conului NORTON, de aici la blocul balador z_{12}/z_{12}. În continuare, prin roţile $z_{13}/z_{14}/z_{15}$ ajunge la mecanismul multiplicator, cu care grupa de bază a valorilor pasurilor, obţinută cu mecanismul NORTON, se demultiplică cu raportul 1/2 şi 1/4, sau se amplifică cu raportul 2/1. De aici prin cuplajul C_3 se transmite la şurubul conducător *SC*.

Ecuaţia cinematică a filetelor metrice şi modul are forma:

$$1_{rot.a.pr.} \frac{z_{27}}{z_{25}} i_{inv} \frac{a}{b} \frac{z_1}{z_2} \frac{z_{CN}}{z_{12}'} \frac{z_{12}'}{z_{12}} \frac{z_{13}}{z_{14}} \frac{z_{14}}{z_{15}} i_M \cdot p_{sc} = p_p,$$

unde cu i_M s-a notat raportul de transmitere al mecanismului multiplicator, iar cu p_p — pasul filetului prelucrat. Pentru cele două tipuri de filete se schimbă numerele de dinţi la roţile de schimb *a*, *b*.

În cazul filetului în ţoli pasul se exprimă cu relaţia:

$$p_p = \frac{25{,}4}{N_p},$$

unde N_p reprezintă numărul de spire pe un ţol (25,4 mm), iar în cazul filetului Diametral-Pitch (DP) pasul filetului se exprimă cu relaţia

$$p_p = \pi \frac{25{,}4}{DP}.$$

În ambele cazuri, termenul variabil N_p şi DP se află la numitor de unde rezultă că roţile conului NORTON trebuie să fie organe antrenate.

Pentru aceasta roata dinţată baladoare z_1 trebuie cuplată cu cuplajul C_1; simultan cu această comandă se acţionează şi asupra roţii baladoare z_{15}, care se va cupla cu roata z_{11}.

Ecuaţia cinematică va rezulta de forma:

$$1_{rot.a.pr} \frac{z_{27}}{z_{25}} i_{inv} \frac{a}{b} \frac{z_{12}}{z_{12'}} \frac{z_{12'}}{z_{CN}} \frac{z_{11}}{z_{15}} i_M \cdot p_{sc} = p_p.$$

Cele două tipuri de filete se obţin prin schimbarea numerelor de dinţi la roţile de schimb a, b.

În cazul transmiterii avansurilor de strunjire, de la bara de avans BA, mişcarea se preia de către angrenajele cuprinse în cutia căruciorului, unde se ramifică spre cremalieră (pentru obţinerea avansului longitudinal) sau spre şurubul transversal (pentru obţinerea avansului transversal).

Cinematica cutiei căruciorului de la strungul universal S—3 este asemănătoare cu cea a strungului simplu (fig. 5.3, *a*). Principalele deosebiri constau în existenţa unui inversor (pentru inversarea sensului mişcărilor de avans de strunjire) şi a unui mecanism de siguranţă (care decuplează lanţul cinematic dacă căruciorul întîmpină rezistenţă mai mare decît cea admisă). Este cazul folosirii opritorului fix pentru oprirea căruciorului la cotă fixă sau cînd căruciorul se blochează întîmplător şi astfel se evită deteriorări ale strungului.

5.1.2. Posibilităţile tehnologice ale strungurilor universale şi reglările specifice aferente

În afara prelucrărilor obişnuite, cum sînt prelucrarea suprafeţelor cilindrice şi plane (frontale), pe strunguri se prelucrează şi suprafeţe complexe, cum sînt suprafeţele elicoidale (filetele), suprafeţele conice, suprafeţele în spirală şi altele.

Prelucrarea suprafeţelor elicoidale (filetele). Suprafeţele elicoidale se caracterizează prin mărimea şi forma secţiunii spirei, sau golului şi prin pasul elicei. Asemenea suprafeţe se pot prelucra atît pe suprafeţe cilindrice, cît şi conice, respectiv pe suprafeţe exterioare sau suprafeţe interioare. După forma secţiunii spirei, sau canalului elicoidal, se deosebesc următoarele filete: *a* — triunghiular; *b* — trapezoidal; *c* — pătrat; *d* — rotund; *e* — dinţi de fierăstrău; *f* — speciale.

După unitatea de măsură şi modul de exprimare a mărimii pasului canalului elicoidal, se deosebesc filete: *a* — metrice; *b* — în ţoli; (Whitworth); *c* — modul; *d* — Diametral-Pitch.

Canalele elicoidale se pot prelucra pe strung cu ajutorul sculelor de tipul tarodului sau filierei sau cu ajutorul cuţitului de filetat.

În cazul cînd se utilizează tarodul sau filiera, semifabricatul este antrenat în mişcare de rotaţie, iar scula, fixată într-un dispozitiv, este ţinută manual, sau în pinola păpuşii mobile şi acţionată axial pînă se prelucrează una-două spire, după care mişcarea axială se obţine automat, ca urmare a construcţiei sculei. Scula are directoarea elicoidală materializată.

Cînd se prelucrează cu cuţit, acesta este montat în suportul portsculă al căruciorului, cu care împreună realizează mişcarea axială. Cele două mişcări, de rotaţie şi de translaţie, sînt legate cinematic pentru a realiza condiţia ca, în timp ce semifabricatul se roteşte cu 360°, cuţitul să înain-

Scanned with OKEN Scanner

teze axial cu cursa egală cu pasul elicei de prelucrat. Această legătură este realizată de *lanțul cinematic de filetare*. Reprezentarea schematizată a lanțului cinematic de filetare al strungului este redată în figura 5.8.

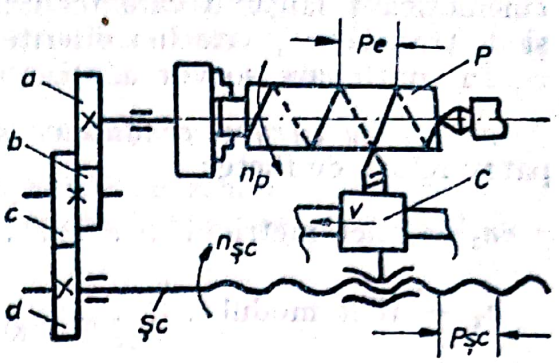


Fig. 5.8. Lanțul cinematic simplu de filetare.

Cele două organe finale ale lanțului cinematic sînt: *a* — mandrinul universal cu piesa de prelucrat *P* și *b* — căruciorul *c*. Legătura între aceste organe este realizată de două perechi de roți de schimb *a/b* și *c/d* și mecanismul șurub conducător-piuliță. Condiția cinematică amintită mai înainte, poate fi exprimată cu ecuația cinematică,

$$n_p \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = n_{sc}$$

sau

$$1_{rot.p} \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot p_{şc} = p_E,$$

de unde

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{n_{şc}}{n_p}$$

sau

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{p_E}{p_{şc}},$$

cunoscînd că

$$n_{şc} \cdot p_{şc} = n_p \cdot p_E.$$

Numerele de dinți ale roților de schimb se determină cu relația

$$i_{rs} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{p_E}{p_{şc}},$$

unde p_E este pasul elicei de prelucrat pe piesă; $p_{şc}$ — pasul șurubului conducător.

În construcția de mașini, în mod frecvent, se utilizează cele patru feluri de filete amintite mai înainte. Pasul acestor filete se poate exprima în milimetri cu ajutorul relațiilor:

a — filetul metric: $p_m = p$ [mm];

b — filetul modul: $p_M = m \cdot \pi$ [mm];

c — filetul în țoli: $p_t = 25{,}4/N_p$ [mm];

d — filetul Diametral-Pitch: $p_{DP} = 25{,}4 \cdot \pi/D \cdot P$ [mm],

unde: p repreznită valoarea numerică a pasului filetului metric; m — valoarea numerică a filetului modul; N_p — numărul de spire pe un țol lungime a piesei; DP — valoarea numerică a constantei Diametral-Pitch.

Cele patru feluri de filete pot să apară atît la canalul elicoidal prelucrat pe piesă (p_E) cît și la filetul șurubului conducător. Astfel, ecuația

cinematică a lanțului care realizează legătura dintre mișcarea de rotație și de translație poate lua diferite forme.

În continuare se vor analiza numai două cazuri.

a — cînd șurubul conducător are filet metric, iar piesa poate avea cele patru feluri de filete:

a_1 — filet metric . . . . . $i_{rs} = \frac{p}{p_{sc}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$;

a_2 — filet modul . . . . . $i_{rs} = \frac{m \cdot \pi}{p_{sc}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$;

a_3 — filet în țoli . . . . . $i_{rs} = \frac{25{,}4}{N_p} \cdot \frac{1}{p_{sc}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$;

a_4 — filet Diametral-Pitch . . . $i_{rs} = \frac{25{,}4 \cdot \pi}{DP} \cdot \frac{1}{p_{sc}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$;

b — cînd șurubul conducător are filet în țoli, iar piesa poate avea cele patru feluri de filete:

b_1 — filet metric . . . . . $i_{rs} = \frac{p \cdot N_{sc}}{25{,}4} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$;

b_2 — filet modul . . . . . $i_{rs} = \frac{m \cdot \pi \cdot N_{sc}}{25{,}4} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$;

b_3 — filet în țoli . . . . . $i_{rs} = \frac{N_{sc}}{N_p} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$;

b_4 — filet Diametral-Picht . . . $i_{rs} = \frac{\pi \cdot N_{sc}}{DP} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$.

Cunoscînd deci parametrii filetelor de prelucrat (pas, număr de spire pe un țol, modulul etc.) și parametrii filetului șurubului conducător, din cartea tehnică a strungului respectiv, se pot calcula numerele de dinți a, b, c, d la roțile de schimb.

Pentru realizarea raportului de transmitere, rezultat din ecuația cinematică, se folosește o pereche de roți dințate (a/b), două $(a/b \cdot c/d)$, uneori chiar trei perechi $(a/b \cdot c/d \cdot e/f)$.

La calcularea numerelor de dinți trebuie să se țină seamă și de mărimea roților de schimb, limitată de spațiul de montare existent la lira de susținere a roților. În cazul a două sau trei perechi de roți apare și dificultatea datorită interferării unei roți cu arborele de fixare a roții opuse. Pentru preîntîmpinarea acestui inconvenient este necesar să se îndeplinească condițiile:

$$a + b \geq c + 15;$$
$$c + d \geq b + 15,$$

unde a, b, c și d reprezintă numerele de dinți.

Dacă numerele de dinți, rezultate din calcule, nu satisfac aceste condiții, se schimbă între ele roțile conducătoare sau roțile conduse. Dacă nici în acest caz nu se îndeplinesc condițiile de mai sus, se trece la modificarea numerelor de dinți prin amplificare sau demultiplicare, avînd grijă să nu se modifice raportul de transmitere de realizat.

Deoarece, în majoritatea cazurilor raportul de transmitere rezultă un număr zecimal cu multe zecimale, transformarea lui în raport de două,

Scanned with OKEN Scanner

patru, sau şase numere întregi, cuprinse între limitele $z_{min} = 20$ şi $z_{max} = 100$, nu se poate rezolva cu precizie teoretică, pasul filetului prelucrat va avea o anumită eroare. Această *eroare* se poate exprima absolut cu relaţia

$$\Delta p = p_r - p \qquad [\text{mm}],$$

unde p_r este pasul real ce se obţine cu roţile de schimb calculate.

Se mai poate exprima şi ca *eroare relativă*, cînd se raportează la o lungime de 1000 mm, adică,

$$\Delta p_{rel} = \frac{p_r - p}{p} 1000 \quad [^0/_{00}],$$

pentru a putea fi comparată cu valorile admise ale diferitelor clase de precizie ale filetelor.

Prelucrarea suprafeţelor conice pe strungul universal se poate face prin mai multe metode. Alegerea metodei depinde de dimensiunile suprafeţei conice, de numărul lotului de piese prelucrate, de mărimea conicităţii, de felul suprafeţei (exterioară sau interioară) ş.a.

a — cu *cuţit profilat* se prelucrează suprafeţele a căror generatoare este scurtă (v. fig. 5.9, *a*). Muchia aşchietoare a cuţitului este mai lungă decît generatoarea suprafeţei prelucrate. Muchia aşchietoare a cuţitului se înclină cu unghiul conicităţii (α) după care, în timp ce piesa execută mişcarea de rotaţie cu viteza de aşchiere v, scula înaintează cu avans longitudinal s_l sau cu avans transversal s_t;

b — prin *înclinarea ghidajelor saniei portsculă* (v. fig. 5.9, *b*) se pot prelucra suprafeţe a căror generatoare este mai scurtă decît mărimea cursei saniei portsculă. Sania portsculă, montată pe sania transversală a căruciorului strungului, se roteşte în plan orizontal cu conicitatea (α) după care se blochează cu ajutorul şuruburilor. La strungurile mici şi mijlocii avansul saniei portsculă se obţine manual din care cauză această metodă este obositoare şi neproductivă.

Cunoscînd parametrii dimensionali ai suprafeţei conice (diametrul mare D, diametrul mic d şi lungimea dintre ele l) se poate deduce relaţia pentru obţinerea conicităţii (α),

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{D - d}{2l}.$$

c — utilizînd *dispozitiv de strunjit conic* (v. fig. 5.9, *c*) se pot prelucra suprafeţe conice cu generatoare lungă, în condiţiile producţiei de serie, cu

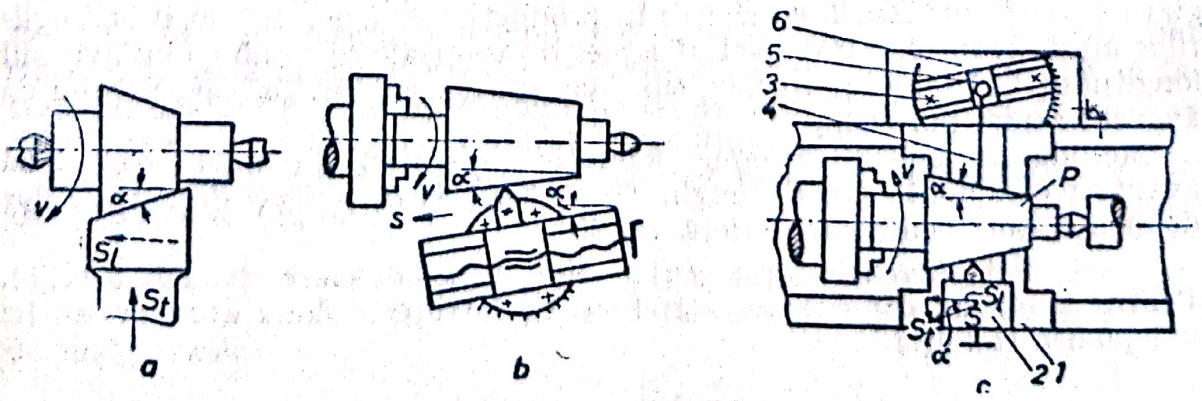


Fig. 5.9. Metode de strunjire a suprafeţelor conice.

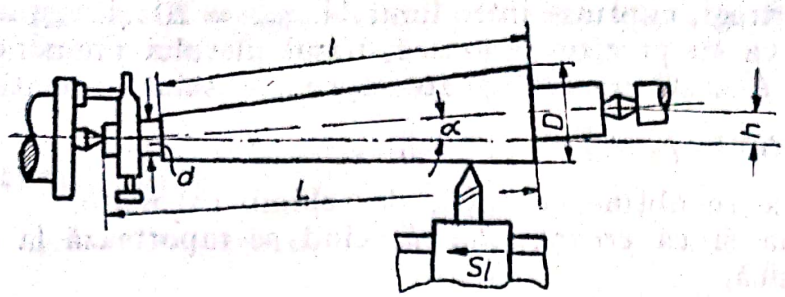


Fig. 5.10. Strunjire conică cu deplasarea transversală a păpușii mobile.

productivitate și precizie bună. Dispozitivele de copiat, utilizate la strunguri, pot fi mecanice sau hidraulice.

Exemplul din figura 5.9, *c* reprezintă utilizarea unui dispozitiv mecanic. Se compune din rigla *3*, care se poate roti și bloca la valoarea unghiului conicității (α). Pe ghidajele riglei *3* glisează piesa *5* care se leagă de sania transversală *2* prin intermediul tijei *4* și a șurubului transversal, după ce s-a întrerupt fixarea axială a șurubului transversal. Rigla *3* este fixată pe suportul *6*, care la rîndul său este rigidizat de batiul strungului.

Ca urmare a legăturii descrise, simultan cu avansarea longitudinală a căruciorului (s_l), sania transversală *2* primește și un avans transversal (s_t) care, combinat cu cel longitudinal, dă rezultate după direcția generatoarei suprafeței de prelucrat.

d — metoda *deplasării transversale a vîrfului păpușii mobile* (fig. 5.10) se utilizează la prelucrarea suprafețelor cu conicitate mică, diametre mici și lungime mare a pieselor. Semifabricatul se montează între vîrfuri, antrenarea făcîndu-se cu inimă de antrenare. Vîrful păpușii mobile se deplasează transversal cu masa h, prin deplasarea corpului păpușii mobile pe ghidajele transversale ale plăcii de bază a păpușii. Cursa h se determină cu relația:

$$h = L \sin \alpha = L \frac{D-d}{2l} \cos \alpha \approx \frac{D-d}{2} \cdot \frac{L}{l},$$

unde s-a considerat că

$$\sin \alpha = \frac{D-d}{2l} \cdot \cos \alpha, \text{ iar } \cos \alpha \approx 1,$$

deoarece valoarea maximă a conicității ce se poate prelucra cu această metodă este $\alpha = 8°$, pentru care $\cos 8° \approx 0{,}99$.

e — la *metoda celor două avansuri* se realizează legarea cinematică a avansului longitudinal s_l cu avansul transversal s_t. Cu această metodă se prelucrează și conicități mari, suprafețele putînd avea generatoare cu lungimi mari. Se utilizează cu succes în producția de serie. În cazul strungurilor mari, avansul transversal al saniei transversale se combină cu avansul longitudinal al saniei portsculă, sau avansul longitudinal al căruciorului cu avansul saniei portsculă.

Metoda se aplică în două moduri: *a* — cînd direcțiile celor două avansuri combinate fac un unghi drept (90°) și *b* — cînd direcțiile celor două avansuri combinate diferă de 90°.

e_1 — cînd *direcțiile avansurilor sînt perpendiculare* (v. fig. 5.11, *a*). Pentru a realiza conicitatea α trebuie ca între cele două avansuri să fie îndeplinită condiția

$$\frac{s_t}{s_l} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Scanned with OKEN Scanner

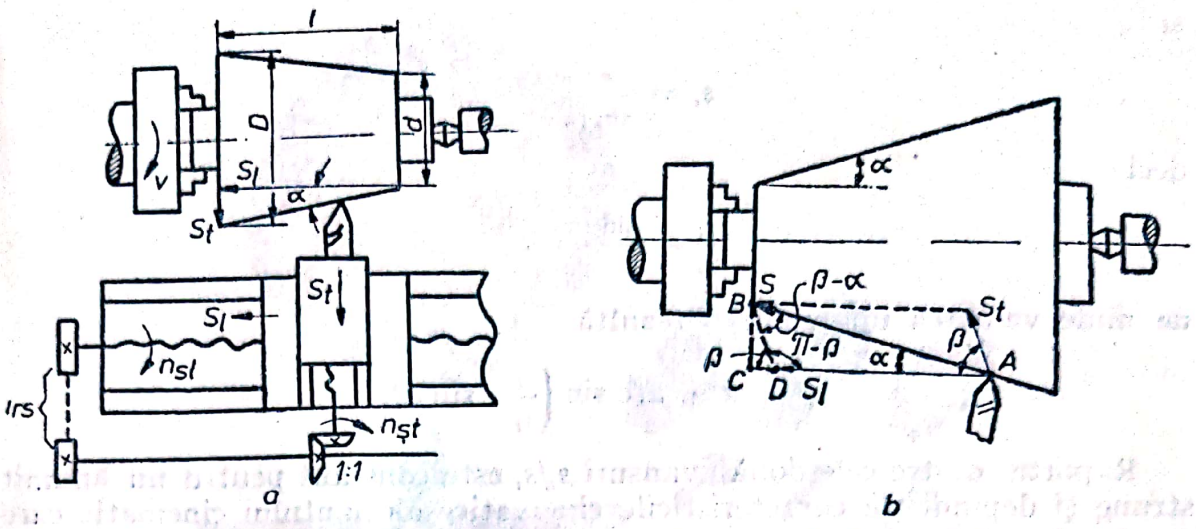


Fig. 5.11. Strunjire conică cu combinarea a două avansuri.

Dar tangenta unghiului α se mai poate scrie şi în funcţie de parametrii dimensionali ai piesei,

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{D-d}{2l},$$

deci

$$\frac{D-d}{2L} = \frac{s_t}{s_l} = \operatorname{tg}\alpha.$$

Ecuaţia cinematică a lanţului care leagă cele două avansuri are forma

$$n_{şl} \cdot i_{rs} = n_{şt}.$$

Cunoscînd că $s_t = n_{şt} \cdot p_{şt}$ şi $s_l = n_{şl} \cdot p_{şl}$, rezultă că

$$i_{rs} = \frac{p_{şl}}{p_{şt}} \cdot \operatorname{tg}\alpha,$$

iar cînd cele două şuruburi au pasul egal, raportul de transmitere al roţilor de schimb se determină cu relaţia

$$i_{rs} = \operatorname{tg}\alpha.$$

e_2 — cînd direcţiile avansurilor fac unghiuri diferite de 90° (fig.5.11, *b*). În cazurile cînd, cu roţile de schimb existente, nu se poate obţine conicitatea cu precizia cerută, sau cînd dimensiunile suprafeţei prelucrate sînt mari, cele două avansuri nu vor fi perpendiculare. Sania portsculă se înclină cu unghiul β şi astfel se combină cu avansul longitudinal al căruciorului sau cu avansul transversal al saniei transversale.

Pentru cazul din figura 5.11, *b*, aplicînd teorema sinusurilor la triunghiul *ABD* se obţine

$$\frac{s_l}{\sin(\beta-\alpha)} = \frac{s_t}{\sin\alpha} = \frac{s}{\sin(\pi-\beta)},$$

de unde rezultă

$$s_l = \frac{s \cdot \sin(\beta-\alpha)}{\sin(\pi-\beta)}$$

Scanned with OKEN Scanner

şi

$$s_t = \frac{s \cdot \sin \alpha}{\sin (\pi - \beta)},$$

deci

$$\frac{s_l}{s_t} = \frac{\sin (\beta - \alpha)}{\sin \alpha},$$

de unde valoarea unghiului β rezultă:

$$\beta = \alpha + \arcsin \left(\frac{s_l}{s_t} \cdot \sin \alpha \right).$$

Raportul dintre cele două avansuri s_l/s_t este constant pentru un anumit strung şi depinde de caracteristicile cinematice ale lanţului cinematic care leagă cele două mişcări.

5.1.3. Accesoriile principale ale strungurilor universale

Înainte de începerea prelucrării pe un strung, sînt necesare o seamă de operaţii de pregătire care constau în: alegerea modului de prindere a semifabricatului şi sculelor; montarea şi verificarea dispozitivelor de prindere a semifabricatului şi sculelor; determinarea parametrilor regimului de aşchiere; reglarea lanţurilor cinematice pentru regimul de aşchiere stabilit; stabilirea metodelor şi instrumentelor corespunzătoare verificării dimensiunilor, calităţii suprafeţelor prelucrate ş.a.

Diversitatea mare a dimensiunilor şi formelor de piese de prelucrat, a tipurilor de suprafeţe şi procedeelor de prelucrare, impune ca strungul să fie dotat cu anumite accesorii pentru prinderea şi antrenarea semifabricatelor şi sculelor, dispozitive de copiat, chei, roţi de schimb pentru reglarea lanţurilor cinematice şi altele.

Pe strungurile universale semifabricatele se fixează în diverse moduri: *a* — dacă raportul dintre lungimea L şi diametrul D a piesei nu depăşeşte 4 ($L/D < 4$) atunci se prinde în consolă cu mandrinul universal sau cu platoul; *b* — dacă acest raport se află între valorile 4 şi 10, deci $4 < L/D < 10$, atunci la un capăt se fixează în mandrinul universal sau platou, iar la celălalt capăt se sprijină cu un vîrf montat în păpuşa mobilă; *c* — dacă raportul $L/D > 10$, semifabricatul se montează între vîrfuri şi se sprijină suplimentar cu lunetă fixă sau lunetă mobilă.

Dispozitivele de prindere şi antrenarea semifabricatului trebuie să asigure poziţia corectă a semifabricatului în timpul prelucrării, să nu deformeze piesa, să asigure rapiditatea prinderii şi desprinderii, să fie uşor şi simplu, să fie uşor manevrabil şi întreţinut etc.

Cele mai des utilizate dispozitive de prindere şi antrenare a semifabricatelor la strunguri sînt: *a* — mandrinul universal; *b* — platoul; *c* — vîrful fix şi vîrful mobil; *d* — bucşa extensibilă; *e* — inima de antrenare; *f* — lunetă fixă şi lunetă mobilă etc.

a. Mandrinul universal (fig. 5.12, *a*, *b*, *c*) serveşte la orientarea şi strîngerea concentrică a semifabricatelor cu axa de rotaţie a arborelui principal. Orientarea şi strîngerea se realizează cu ajutorul a trei bacuri care pot fi

Scanned with OKEN Scanner

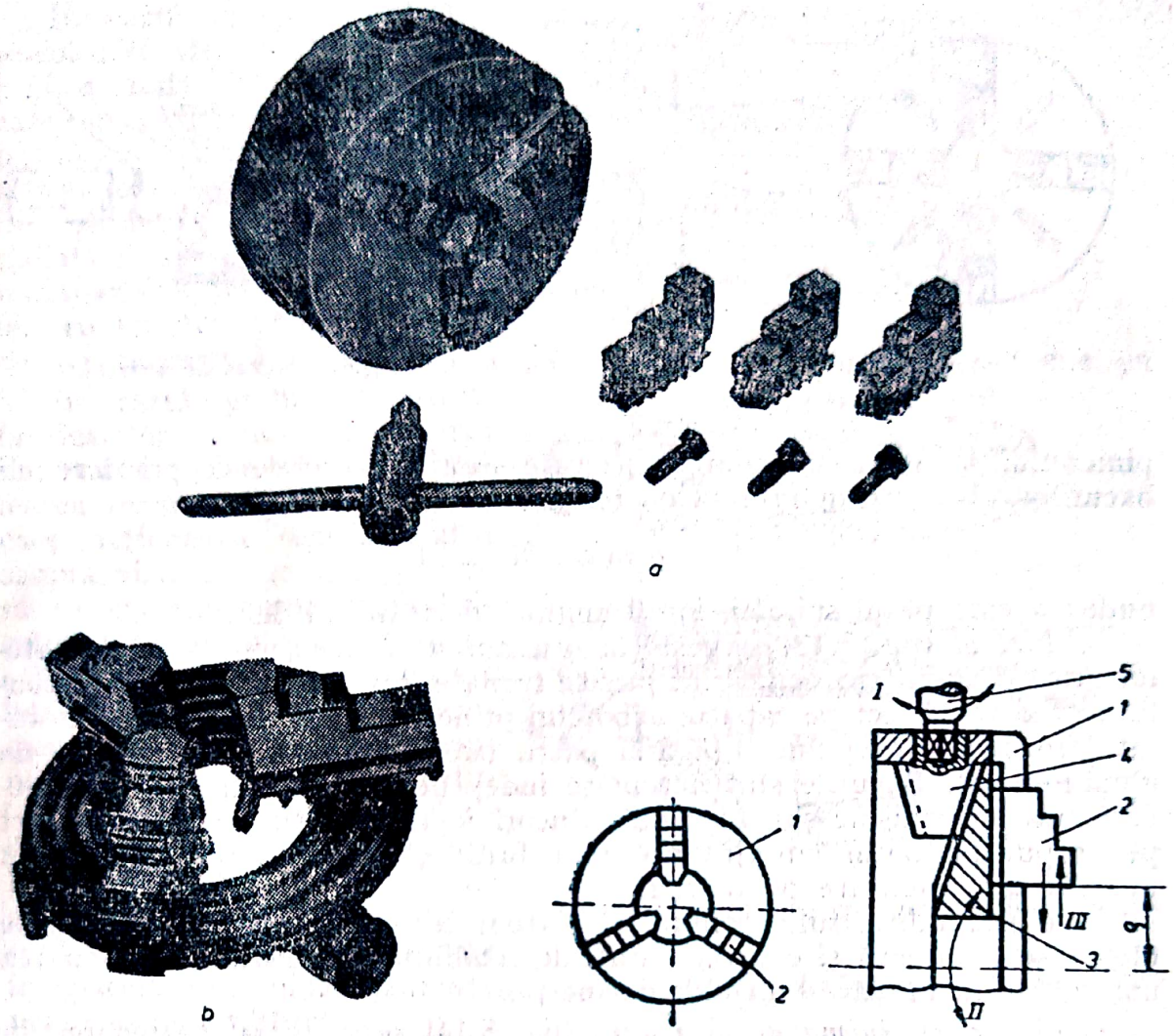


Fig. 5.12. Mandrinul universal.

deplasate simultan în direcţie radială, trei puncte fiind suficiente pentru a defini matematic un cerc (v. fig. 5.12, *a* şi *b*). Cu un asemenea mandrin se pot prinde suprafeţe cilindrice, sau cu secţiune poligonală, avînd numărul laturilor trei sau un multiplu al lui trei. Pentru piesa avînd secţiunea cu patru laturi, sau multiplu al lui patru, se construiesc şi mandrine cu patru bacuri.

În figura 5.12, *c* este reprezentată o vedere frontală şi o secţiune schematizată în scopul explicării construcţiei şi funcţionării mandrinului universal. Mandrinul se fixează pe arborele principal prin intermediul unei flanşe. În interiorul corpului mandrinului *1* se află discul *3*, care prin suprafaţa frontală are un canal în spirală, iar pe suprafaţa conică sînt prelucraţi dinţi. Cu aceşti dinţi angrenează pinionul conic *4*, care la partea superioară are un cep cu un orificiu cu secţiune pătrată. În acest orificiu se introduce capătul pătrat al cheii *5*.

Cu canalul în spirală al discului *3* angrenează dinţii bacurilor *2*, care glisează în ghidajele radiale ale corpului *1*. Prin acţionarea manuală a cheii *5*, pinionul *4* se va roti cu mişcarea *I*, iar discul *3* cu mişcarea *II*. Canalul spirală avînd pas constant, bacurile *2* se vor deplasa radial cu mişcarea *III*, cu viteze constante, deci curse egale, raportate la unghiul de rotire al

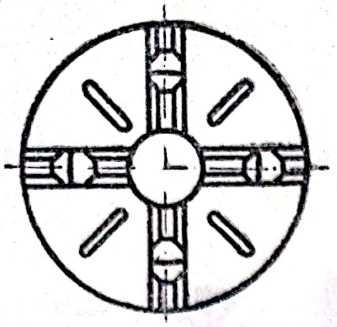


Fig. 5.13. Platoul strungului.

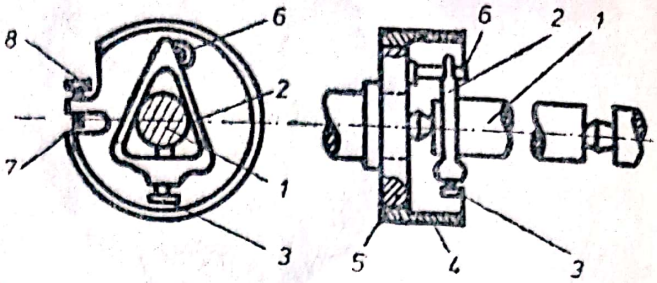


Fig. 5.14. Flanşă cu inimă de antrenare.

pinionului *4*. Raza cercului ρ, pe care se află punctele de prindere ale bacurilor, se poate determina cu relaţia

$$\rho = a \cdot \theta,$$

unde: *a* este pasul spiralei, iar θ unghiul de rotire al discului *3*.

b. Platoul (fig. 5.13) serveşte la orientarea şi strîngerea semifabricatelor grele şi asimetrice, cum sînt piesele turnate, sau forjate. Corpul platoului se fixează direct pe capătul arborelui principal al strungului. Pe suprafaţa frontală a corpului *1* se află patru bacuri care ghidează pe cîte un ghidaj radial. Bacurile sînt acţionate independent manual, prin intermediul unor mecanisme şurub-piuliţă. Uneori semifabricatul se fixează direct pe corpul platoului cu ajutorul unor bride şi şuruburi sau cu ajutorul unor colţare montate pe platou.

Cînd semifabricatul, montat pe platou, este în poziţie excentrică, pe platou se montează şi contragreutăţi de echilibrare, asigurînd funcţionarea normală prin anularea forţelor de inerţie.

c. Flanşa cu inima de antrenare (fig. 5.14) serveşte la antrenarea în mişcarea de rotaţie a semifabricatelor montate între vîrfurile păpuşii fixe şi păpuşii mobile. La capătul semifabricatului *1* se fixează inima de antrenare *2* şi se blochează cu şurubul *3*. Pe arborele principal al strungului se fixează flanşa *5*, care are cepul antrenor *6* şi care vine în contact cu inima de antrenare. În scopul protejării muncitorului, cepul *6* şi inima de antrenare *2* sînt acoperite cu bucşa *4*. Uneori inima de antrenare are capătul de antrenare încovoiat, care se potriveşte în canalul *7* al flanşei şi se strînge cu şurubul *8* pentru a evita rotirile în gol la inversarea sensului de antrenare.

d. Vîrfurile de susţinere (fig. 5.15) se folosesc la sprijinirea semifabricatelor lungi şi grele la capătul în consolă, sau la ambele capete, în cazul arborilor lungi cu diametru mic. Unghiul la vîrf este de 60° pentru piese mici şi mijlocii şi de 90° în cazul semifabricatelor grele. Vîrful se montează în alezajul conic al arborelui principal, sau al pinolei păpuşii mobile, prin intermediul cozii, profilată conic după con Morse, sau metric.

Vîrfurile pot fi: *a* — fixe (fig. 5.15, *a*, *b*, *c*) sau *b* — mobile (fig. 5.15, *d*). La unele vîrfuri fixe partea activă are o aplatisare (fig. 5.15, *b*) pentru a permite pătrunderea radială a cuţitului la prelucrarea suprafeţei frontale. În cazul cînd semifabricatul nu poate fi prevăzut cu gaură de centrare, de exemplu la prelucrarea prin strunjire şi rectificare a burghielor elicoidale, vîrful, la partea activă are cavitate conică, în care ghidează vîrful semifabricatului (fig. 5.15, *c*).

În cazul turațiilor ridicate se folosesc vîrfurile mobile (fig. 5.15, *d*) unde frecarea de alunecare este înlocuită cu frecare de rostogolire. Vîrful propriu-zis *1* se rotește odată cu semifabricatul, fiind ghidat în corpul *2*. Ghidarea radială este realizată cu doi rulmenți radiali, unul cu role, celălalt cu bile, iar ghidarea axială cu un rulment axial cu bile.

În cazul prelucrării semifabricatelor grele este foarte important să se cunoască valoarea reală a forței axiale cu care acționează semifabricatul asupra vîrfului (pe de o parte să se evite căderea semifabricatului, pe de altă parte să se evite apariția frecării uscate între semifabricat și vîrf, fenomen care poate produce temperaturi ridicate și arderea vîrfului, respectiv deteriorarea găurii de centrare a semifabricatului). Din acest motiv la strungurile grele păpușa fixă este prevăzută cu un dinamometru care înregistrează sau indică permanent valoarea reală a forței axiale care acționează asupra vîrfului.

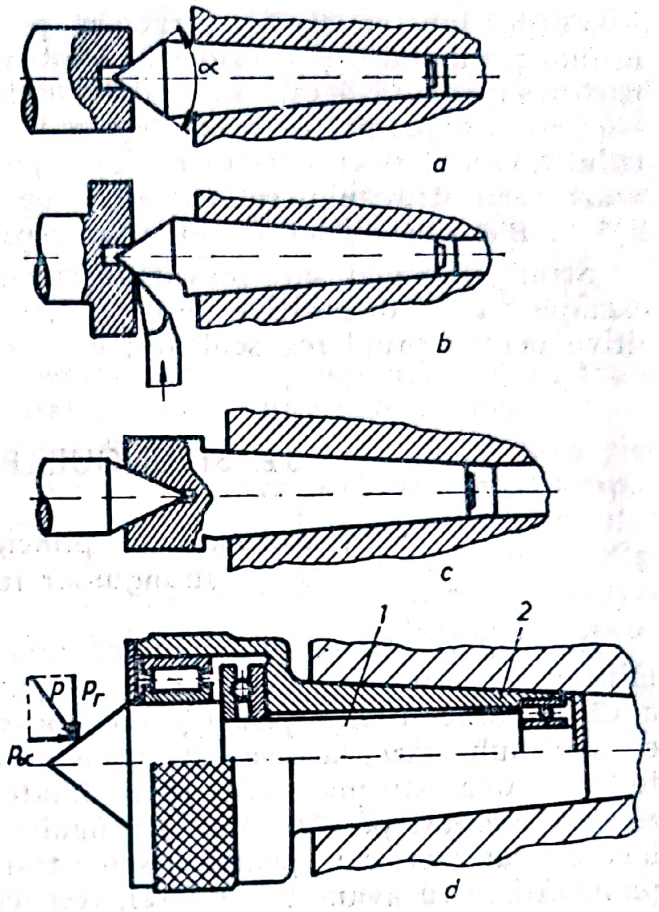


Fig. 5.15. Exemple constructive de vîrfuri.

e. Lunetele (fig. 5.16) servesc la ghidarea semifabricatelor foarte lungi, lipsite de rigiditate, sau a celor prinse în consolă și care nu pot fi sprijinite cu vîrf, de exemplu cînd piesa se prelucrează și la interior. Astfel se evită deformarea semifabricatului sub acțiunea greutății proprii, sau a forțelor de așchiere.

Se deosebesc două tipuri constructive și anume: *a* — fixe (fig. 5.16, *a*) și *b* — mobile (fig. 5.16, *b*). Luneta fixă se fixează pe batiul strungului, iar luneta mobilă pe căruciorul strungului, astfel că bacurile de sprijinire se află mereu în dreptul cuțitului.

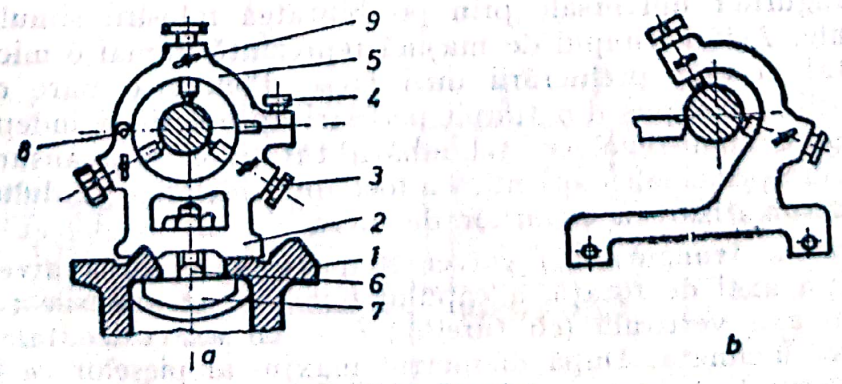


Fig. 5.16. Lunete:
a — fixă; *b* — mobilă.

Scanned with OKEN Scanner

Corpul lunetei fixe *2* se fixează pe batiul *1* al strungului prin intermediul şurubului *6* şi a bridei *7*. Pentru a se putea monta semifabricatul, partea superioară *5* este rabatabilă în jurul articulaţiei *8*. După aşezarea semifabricatului, partea rabatabilă se fixează de corpul *2* cu ajutorul şurubului *4*. Orientarea semifabricatului în poziţia concentrică cu axa de rotaţie a arborelui strungului se realizează cu tijele şi mecanismele şurub-piuliţă *3*. Blocarea tijelor de orientare se face cu şuruburile *9*.

Strungurile mai sînt prevăzute şi cu alte dispozitive auxiliare, ca de exemplu: *a* — dispozitive de copiat; *b* — bucşe extensibile; *c* — dispozitive pentru prinderea sculelor; *d* — colţare ş.a.

5.2. STRUNGURILE REVOLVER

5.2.1. Ansamblurile principale şi cinematica strungurilor revolver

În scopul satisfacerii cerinţelor producţiei de serie a pieselor mici şi mijlocii, cu forme complexe, s-au conceput şi construit strungurile revolver, a căror caracteristică principală o constituie faptul că prelucrează piesa cu mai multe faze, la o singură prindere a acesteia. Pentru fiecare fază se foloseşte una, sau mai multe scule, fixate pe un suport special numit *cap-revolver*, montat pe căruciorul strungului. Unele strunguri revolver mai au încă un cărucior, care poartă o sanie transversală şi scule corespunzătoare prelucrărilor cu avans transversal, respectiv radial.

Sculele sînt montate pe capul revolver în succesiunea desfăşurării fazelor de prelucrare a piesei. Succesiunea fazelor de lucru se stabileşte prin întocmirea *schemei de reglare* a strungului, rezultată din succesiunea tehnologică a prelucrării suprafeţelor.

Pe strungurile revolver se pot prelucra suprafeţe cilindrice, conice, profilate, exterioare sau interioare, suprafeţe plane, retezări, găuriri, alezări, filetări ş.a. Ciclul de lucru se realizează cu comandă manuală sau semiautomată. Deoarece precizia de lucru depinde de precizia de reglare a sculelor şi precizia maşinii, deservirea poate fi realizată şi cu o calificare redusă a muncitorului. Calificarea ridicată trebuie să posede reglorul care efectuează operaţiile de adaptare (reglare) a strungului revolver, în cazul trecerii la prelucrarea unei alte tipo-dimensiuni de piesă.

Capacitatea de lucru a strungurilor revolver este mult mărită faţă de cea a strungurilor universale prin posibilitatea folosirii simultane a mai multor scule. Astfel, timpul de maşină reprezintă numai o mică parte din timpul total necesar prelucrării unei piese. Ponderea mare o constituie timpul auxiliar, compus din timpii necesari apropierii şi îndepărtării sculelor, rotirii capului-revolver, schimbării turaţiilor şi avansurilor ş.a. De aceea, una din principalele orientări a fost spre ridicarea gradului de mecanizare şi automatizare a ciclurilor de lucru.

Clasificarea strungurilor revolver se poate face după diverse criterii. După poziţia axei de rotaţie a capului revolver, strungurile revolver pot fi: *a* — cu axa verticală (cu turelă); *b* — cu axa orizontală (cu disc); *c* — cu axa înclinată. După diametrul maxim al pieselor ce se pot prelucra (de exemplu la strungurile revolver orizontale rezultă din diametrul alezajului arborelui principal) există: *a* — strunguri mici ($D = 10 \div$

Scanned with OKEN Scanner

$\div$ 30 mm); *b* — strunguri mijlocii ($D = 32 \div 80$ mm); *c* — strunguri mari ($D = 80 \div 135$ mm) ş.a.

Parametrii caracteristici ai strungurilor revolver sînt: *1* — diametrul maxim al barei ce trece prin alezajul arborelui principal (D_t); *2* — diametrul maxim al piesei ce poate fi prins în mandrin (D_m); *3* — diametrul maxim ce se poate roti deasupra batiului (D_b); *4* — domeniul de reglare al turaţiilor; *5* — domeniul de reglare al avansurilor longitudinale şi transversale; *6* — numărul de posturi de scule pe capul revolver; *7* — valorile maxime admise ale forţelor de aşchiere; *8* — puterea motorului electric de antrenare.

Cele mai răspîndite strunguri revolver în întreprinderile constructoare de maşini sînt cele verticale (cu turelă) şi cele orizontale (cu disc).

Strungurile revolver verticale (cu turelă) se utilizează la prelucrarea pieselor din semifabricatul turnat sau forjat. În figura 5.17 este redat simplificat un strung revolver vertical. Semifabricatul se fixează în mandrinul *1* şi execută mişcare de rotaţie pentru obţinerea vitezei de aşchiere *v*. Mişcarea este preluată de la motorul electric antrenor *3* şi transmis de lanţul cinematic al mişcării principale din cutia de viteze *2*. Sculele se montează pe corpul revolver *5*, numărul de posturi rezultînd din numărul laturilor secţiunii poligonale (în fig. 5.17, hexagonal) ale turelei. Împreună cu căruciorul *6*, sculele execută avansul longitudinal s_l, ca avans de apropiere şi retragere rapidă şi avans de lucru.

Pentru prelucrări cu avans transversal s_t, sculele se montează pe sania portsculă a saniei transversale *4*.

În varianta constructivă din figura 5.17, poziţia *b* turela execută atît avansul longitudinal s_l, cît şi cel transversal s_t. Dezavantajul acestei soluţii constă în reducerea rigidităţii turelei din cauza ghidajelor transversale.

Turela execută şi mişcarea de divizare *I* în scopul schimbării sculei în vederea trecerii la faza următoare de prelucrare. Mişcările de avans şi de divizare ale turelei sînt preluate de la lanţul cinematic al mişcării principale, prin intermediul lanţului cinematic de avans din cutia de avansuri *7*.

La strungurile revolver verticale numărul de posturi fiind redus, într-un post se montează două — trei scule care prelucrează simultan, rezultînd o solicitare intensă a strungului. Din acest motiv, se acordă o deosebită atenţie realizării şi menţinerii rigidităţii ridicate a strungului.

În figura 5.18 se prezintă fotografia părţilor principale de lucru ale unui strung revolver vertical, cu ciclul de lucru comandat după program.

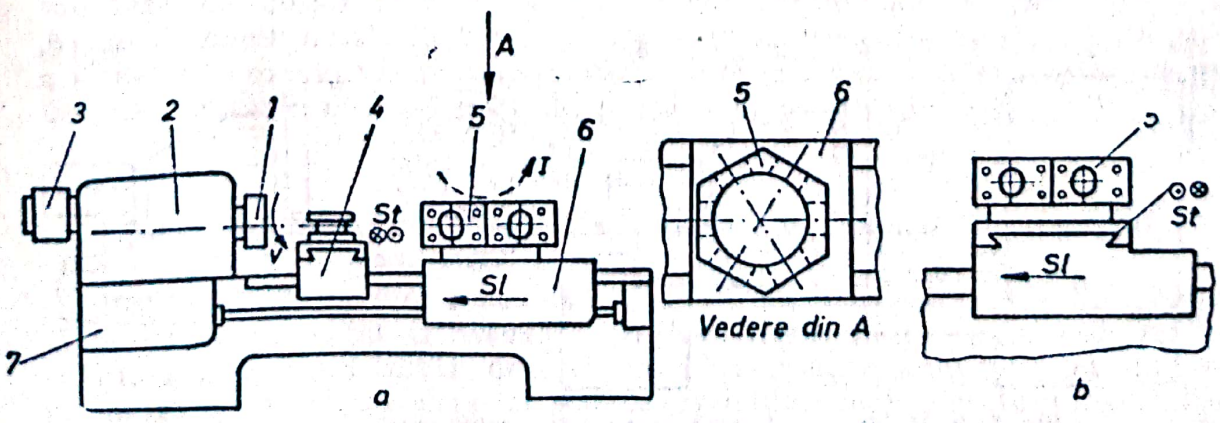


Fig. 5.17. Vedere simplificată asupra strungului revolver vertical.

Scanned with OKEN Scanner

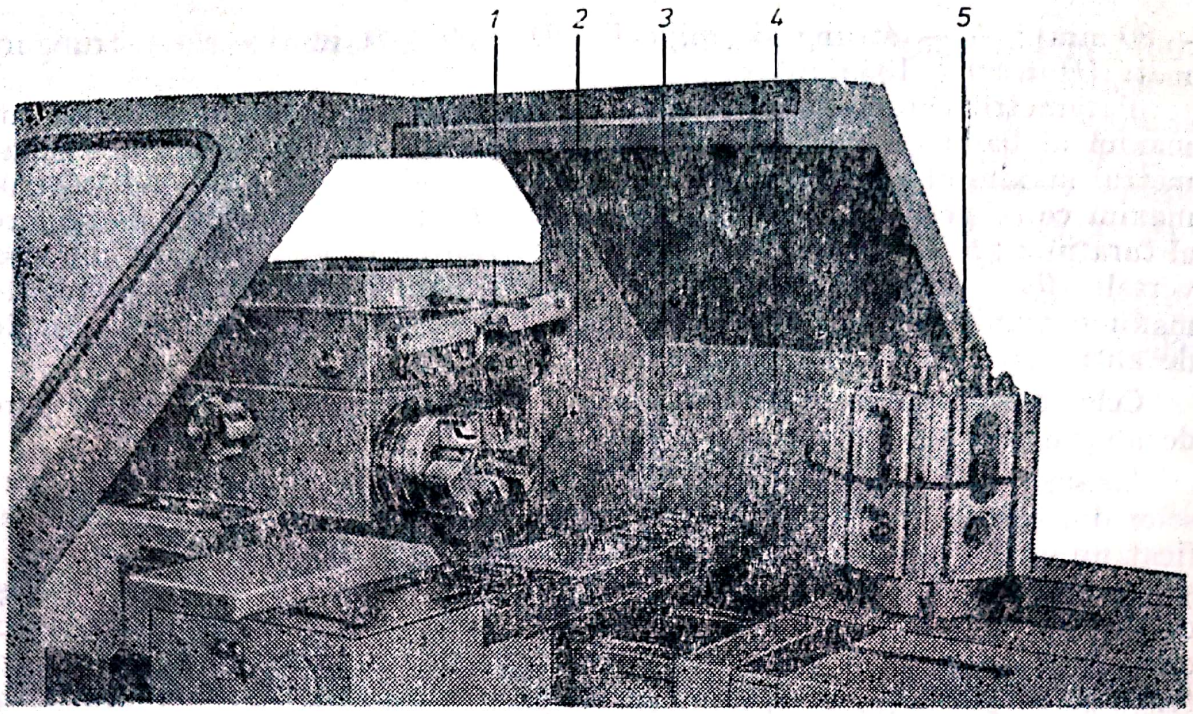


Fig. 5.18. Părţile principale de lucru ale strungului revolver vertical.

Strungul este alimentat automat cu o mînă mecanică *1*, care aduce semifabricatul între bacurile *2* ale mandrinului. Prelucrările cu avans transversal se execută cu sculele montate pe sania transversală *3*, iar prelucrările longitudinale, cu sculele montate pe turela *5*, împreună cu căruciorul *4*.

Strungul revolver orizontal este reprezentat în figura 5.19 printr-o vedere exterioară simplificată. Bara semifabricat, introdusă în alezajul arborelui principal, se fixează prin intermediul bucşei extensibile *1* şi execută mişcare de rotaţie în scopul realizării vitezei de aşchiere *v*. Lanţul cinematic al mişcării principale se află în carcasa păpuşii fixe *2* şi preia mişcarea de la motorul electric *3*.

Sculele se montează în locaşele discului revolver *4* care, împreună cu căruciorul *5*, execută avansul axial de lucru, respectiv de apropiere şi retragere rapidă. În vederea prelucrării suprafeţelor frontale, a degajărilor şi debitărilor, avansul transversal se obţine ca avans circular s_c rezultat din mişcarea de rotaţie lentă a discului *4*.

După terminarea fazei de lucru şi retragerea rapidă a căruciorului, discul *4* execută mişcarea de divizare *II* în scopul aducerii în dreptul semifabricatului a sculei potrivite fazei următoare.

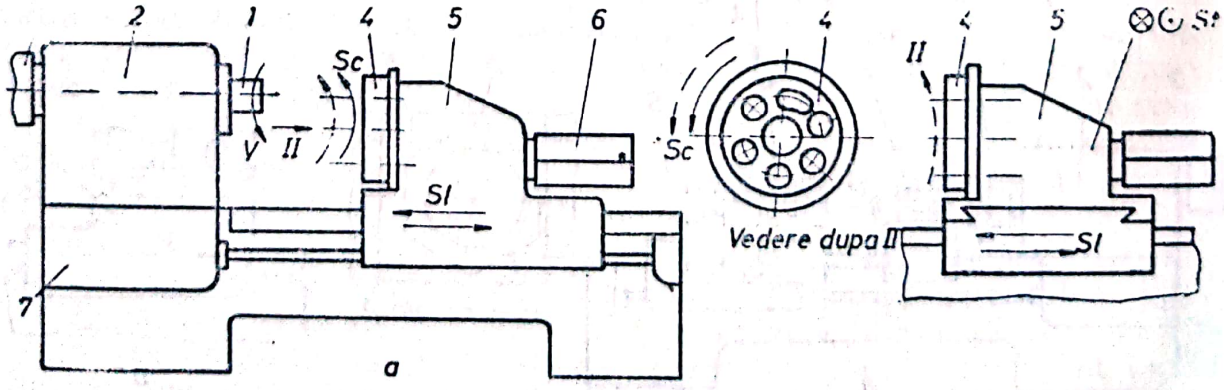


Fig. 5.19. Vedere simplificată asupra strungului revolver orizontal.

Scanned with OKEN Scanner

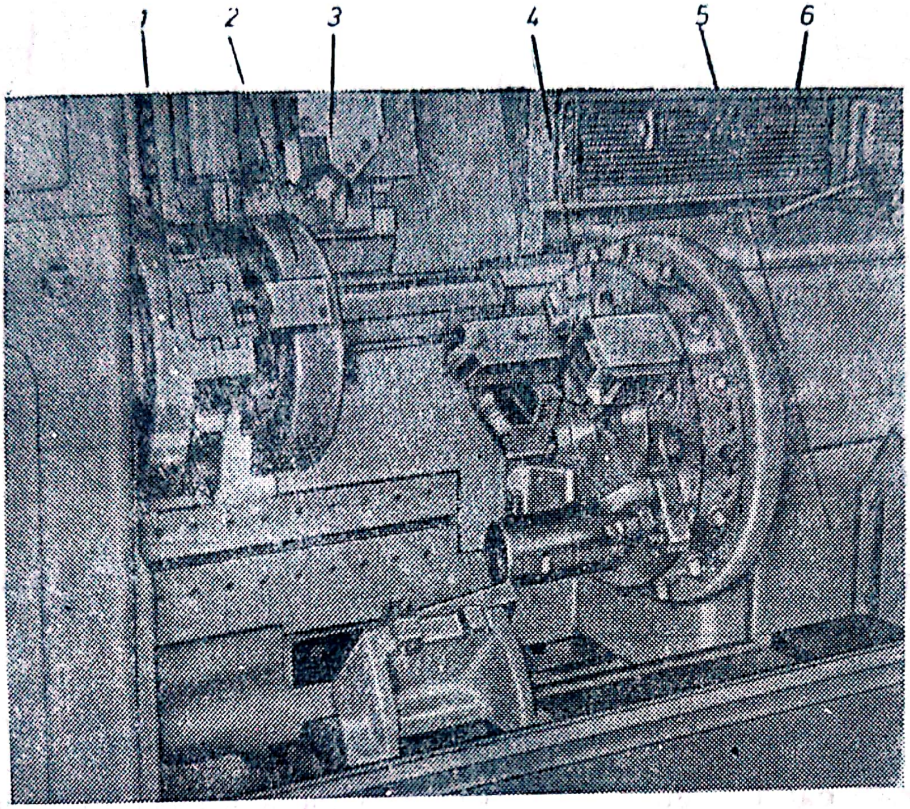


Fig. 5.20. Părţile principale de lucru ale strungului revolver orizontal.

Poziţiile limită ale căruciorului *5*, pentru fiecare fază în parte, sînt determinate de sistemul limitatoarelor de cursă, montate pe tamburul *6*. Mişcările de avans şi de divizare sînt realizate de lanţurile cinematice din cutia de avans *7*, care preiau mişcările de la lanţul cinematic al mişcării principale.

La unele tipuri constructive (fig. 5.19, poz. *b*), avansul transversal s_t este mişcare rectilinie, realizată tot de discul-revolver *4*. Ca şi la strungul revolver vertical, această construcţie afectează rigiditatea subansamblului căruciorului cu capul revolver.

În figura 5.20 se prezintă fotografia spaţiului de lucru al unui strung revolver orizontal, cu comandă după program a ciclului de lucru. Semifabricatul *2* este fixat în mandrinul *1* şi este prelucrat cu avans transversal cu sculele de pe sania transversală *3* şi cu avans longitudinal cu sculele montate pe discul revolver *4*, prin intermediul unui suport portsculă. Avansul longitudinal de lucru şi apropierea, respectiv retragerea rapidă a sculelor se execută împreună cu căruciorul *5*. Ciclul de lucru este comandat cu limitatoarele de cursă de pe tabloul *6*.

5.2.2. Posibilităţile tehnologice, reglarea şi comanda strungurilor

Reglarea strungurilor revolver se face avînd, pe lîngă planul de operaţii al piesei de prelucrat şi *schema de reglare*. Schema de reglare este reprezentarea succesiunii fazelor de prelucrare, cu indicarea suprafeţelor care se prelucrează la fiecare fază şi sculele aferente, reprezentate în poziţiile limită, cînd s-a terminat faza respectivă. Un exemplu de schemă de

Scanned with OKEN Scanner

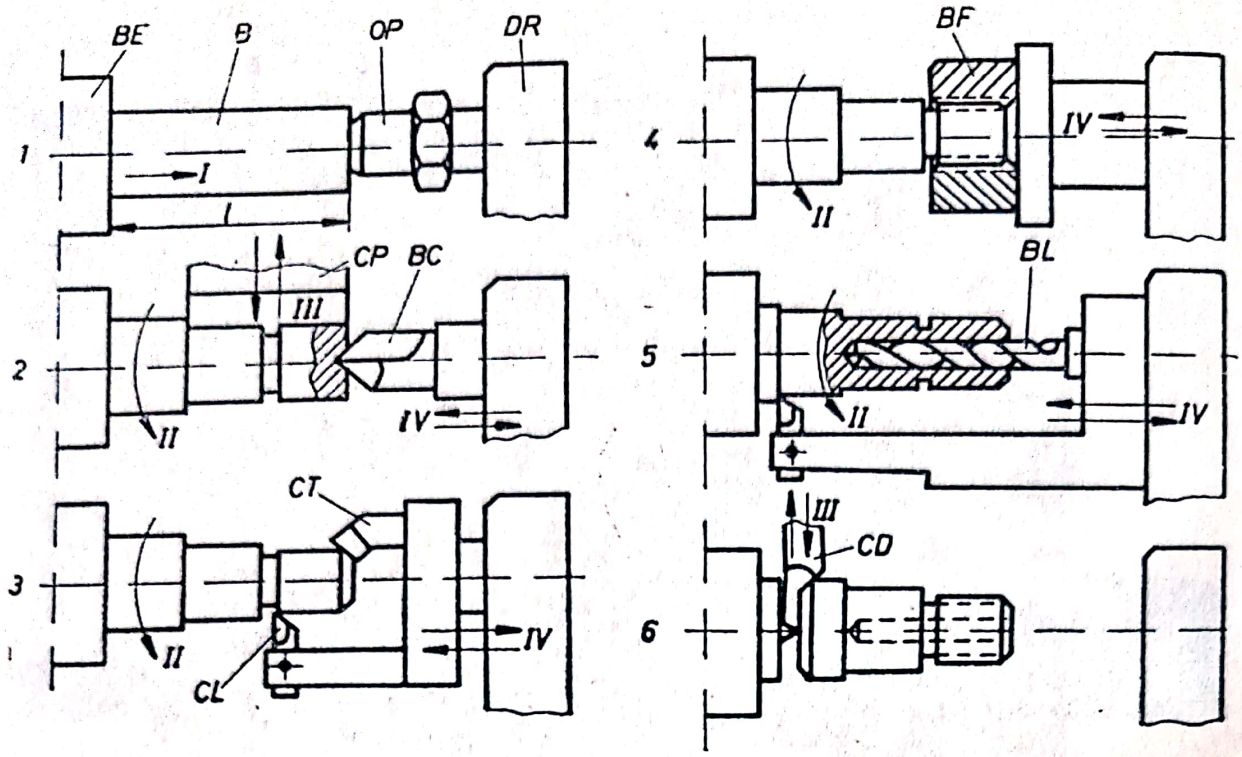


Fig. 5.21. Schema de reglare a strungului revolver.

reglare este dat în figura 5.21, pentru o piesă prelucrată pe un strung revolver orizontal, din semifabricat sub formă de bară.

Din schema de reglare rezultă că la prima fază (*1*) bara semifabricatului *B* înaintează cu lungimea *l*, determinată de poziţia opritorului *OP*, montat în discul-revolver *DR*. În faza a doua (*2*), în timp ce semifabricatul se roteşte cu turaţia *II*, necesară obţinerii vitezei de aşchiere, cuţitul transversal profilat *CP* prelucrează cu avansul transversal *III*, iar burghiul de centrare *BC* execută o gaură, cu avansul longitudinal *IV*, pentru conducerea burghiului lung *BL* din faza a 5-a. În faza a treia (*3*), cuţitul longitudinal prelucrează prin finisare prima porţiune a piesei în vederea filetării, iar cuţitul teşitor *CT* prelucrează un şanfren, ambele cuţite fiind montate în acelaşi suport cu care execută avansul longitudinal *IV*.

În faza a patra (*4*), un dispozitiv cu bacuri filetate *BF* prelucrează filetul exterior, sculele executînd avansul longitudinal *IV*. În cea de a cincea fază (*5*) cuţitul longitudinal *CL* prelucrează al treilea tronson al piesei, timp în care burghiul lung *BL* prelucrează o gaură adîncă, discul revolver executînd avansul longitudinal *IV*. La ultima fază (*6*) cuţitul de debitare debitează şi teşeşte piesa, obţinîndu-se în final piesa dorită.

Pe unele strunguri revolver, în afara prelucrărilor caracteristice strungurilor, se pot efectua şi prelucrări de felul: aplatisări prin frezare, crestare prin frezare, găuriri transversale ş.a.

Sisteme de comandă ale ciclurilor de lucru. Pentru obţinerea ciclului de lucru automat al strungurilor revolver se utilizează o mare varietate de sisteme, care pot fi grupate în: *a* — mecanice; *b* — hidraulice; *c* — electrice; *d* — combinate.

Scanned with OKEN Scanner

În figura 5.22 este reprezentat un exemplu de sistem hidraulic eventual pneumatic. Cu ajutorul acestuia se pot schimba turaţiile arborelui principal şi valorile vitezelor de avans, în funcţie de necesităţile prelucrărilor la fiecare fază în parte.

Comanda se preia de la mişcarea de divizare n_{div} a discului revolver DR, executată în vederea trecerii la faza următoare. Mişcarea de divizare a discului revolver este preluată de un lanţ cinematic, cu raportul de transmitere i_r, şi transmisă la arborele de comandă AC, pe care se află un număr de came $C_{1,2} \ldots C_{5,6}$, egal cu numărul turaţiilor şi vitezelor de avans ce se poate obţine automat. Camele acţionează asupra sertărașelor de distribuţie hidraulice (sau pneumatice), de unde se comandă cuplajele sau roţile baladoare, în vederea obţinerii turaţiei, respectiv avansului, necesare la faza următoare.

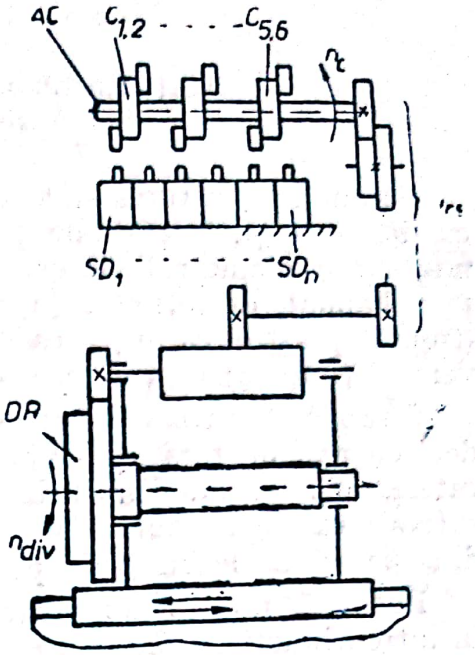


Fig. 5.22. Sistem hidraulic (pneumatic) de comandă a ciclului de lucru.

În figura 5.23 se prezintă un exemplu de sistem electric de comandă a ciclului strungurilor revolver. Lama contactoare LC se roteşte odată cu mişcarea de divizare n_{div} a capului revolver (disc sau turelă) şi introduce curent electric în rîndul de orificii al fazei corespunzătoare de pe tabloul de comandă TC. Pe tabloul de comandă există atîtea rînduri de orificii cîte faze de lucru (posturi de scule) are capul revolver. Pe verticală are atîtea coloane de orificii cîte turaţii, avansuri şi funcţii se pot obţine în mod automat.

Pentru fiecare fază, deci în fiecare rînd de orificii, se introduce cîte o fişă de programare FD pentru turaţia, avansul, sau funcţia care este necesară în faza următoare a ciclului de lucru. În scopul uşurării operaţiei de reglare a strungului, pentru fiecare piesă se execută o cartelă perforată corespunzătoare, care va indica poziţiile în care trebuie introduse fişele de programare.

Strungurile revolver moderne sînt prevăzute cu o gamă largă de tipuri de sisteme de comandă după program, inclusiv cu comandă numerică.

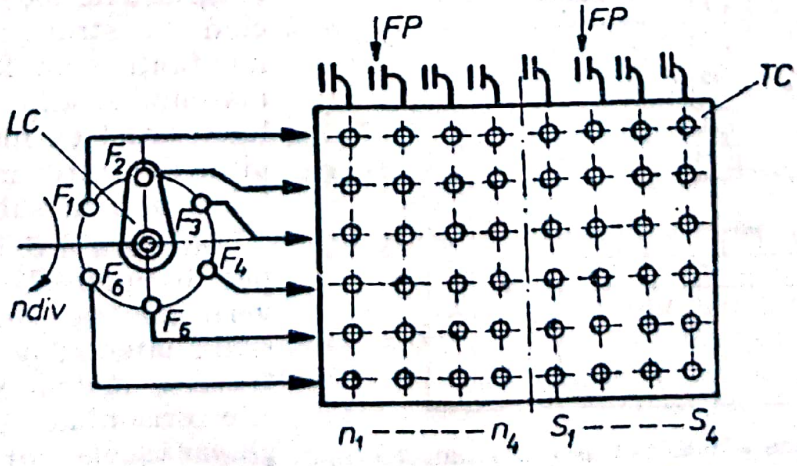


Fig. 5.23. Sistem electric de comandă a ciclului de lucru.

Scanned with OKEN Scanner

5.3. STRUNGURILE CARUSEL

5.3.1. Ansamblurile principale şi cinematica strungurilor carusel

Strungurile carusel sînt destinate prelucrării prin strunjire a pieselor cu diametru peste 800 mm pînă la 25.000 mm, avînd lungimea mult mai mică decît diametrul, de exemplu discuri, capace, roţi de curea, roţi dinţate, bandaje de roţi etc. Suprafeţele predominante de prelucrat sînt plane (frontale), astfel că mişcarea de avans cu pondere mai mare este cea transversală (radială) faţă de cea longitudinală (axială).

Strungurile carusel se caracterizează prin poziţia orizontală a platoului, deci cu axa de rotaţie în poziţie verticală. Aceasta permite ca semifabricatele, de regulă de dimensiuni mari şi grele, să poată fi aşezate, centrate şi fixate cu efort minim. Ca dificultate apare îndepărtarea dificilă a aşchiilor din spaţiul de lucru şi de pe platou.

Datorită multiplelor avantaje, strungurile carusel sînt larg utilizate în întreprinderile constructoare de maşini. Există o mare varietate dimensională, constructivă şi funcţională de asemenea strunguri. Clasificarea acestora se face după: *a* — *numărul montanţilor* (strunguri carusel cu un montant şi cu doi montanţi); *b* — *felul traversei* (strunguri cu traversă fixă şi cu traversă mobilă); *c* — *destinaţie* (strunguri carusel universale şi speciale); *d* — *gradul de mecanizare şi automatizare* (strunguri cu comandă manuală, cu comandă semiautomată şi cu comandă automată care pot fi cu comandă după program, inclusiv cu comandă numerică).

Pentru exemplificare se analizează strungul carusel cu un montant şi traversă mobilă, reprezentat simplificat în figura 5.24. Platoul *1*, pe care este fixat semifabricatul, execută mişcare de rotaţie în scopul obţinerii vitezei de aşchiere *v*. Mişcarea este preluată de la un motor electric şi transmisă printr-un lanţ cinematic, montat în corpul batiului *2*. Lanţul cinematic poate fi de construcţie mecanică sau electrică, constînd dintr-un motor electric cu mai multe turaţii şi un variator continuu electric.

La strungurile carusel cu un singur montant diametrul platoului variază între 800 şi 2800 mm. La aceste strunguri suprafaţa activă a platoului se află la înălţimea de 600—800 mm, pe cînd la strungurile cu doi montanţi, suprafaţa activă a platoului se află la nivelul solului, astfel că întregul mecanism de antrenare a platoului se află în subsol.

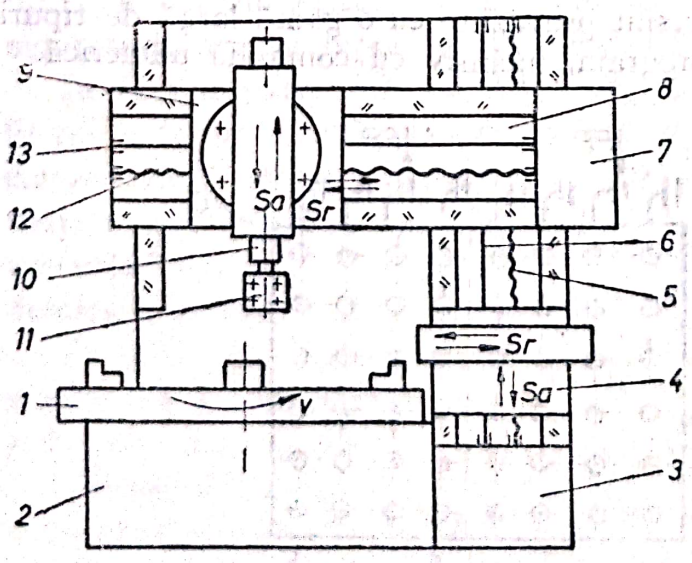


Fig. 5.24. Vedere simplificată asupra strungului carusel cu un montant.

Montantul *3*, fixat de corpul batiului *2*, are ghidaje verticale pe care glisează sania laterală portsculă *4* şi traversa mobilă *8*. Pe ghidajele orizontale ale traversei glisează sania portsculă *9*. Sculele, de tipul cuţitului de

Scanned with OKEN Scanner

strunjit, burghie ş.a. se montează în suportul *11*, care, împreună cu bara *10*, execută avansul axial s_a, iar împreună cu sania *9*, avansul radial s_r. Direcţia avansului axial este perpendiculară pe platou, sau înclinată cînd se prelucrează suprafeţe conice.

Simultan cu sculele montate în suportul *11* pot prelucra şi sculele montate în suportul portsculă al saniei laterale *4* efectuînd şi acestea atît avans radial cît şi avans axial.

Mişcările de avans sînt preluate de la lanţul cinematic al mişcării principale, sau de la motoare electrice independente. Avansul axial al saniei laterale *4*, se transmite cu şurubul *5*, iar avansul radial al saniei superioare *9*, cu şurubul *12*. Poziţionarea pe verticală a traversei *8* şi transmiterea mişcărilor de avans la sania superioară *9* se realizează prin bara canelată *6*, iar mişcarea de avans axial a suportului *11* prin bara canelată *13*. Ramificarea mişcărilor de la montant către traversă şi reglarea raportului dintre avansurile axial şi radial ale suportului portscule *11* se efectuează la cutia de avansuri *7*.

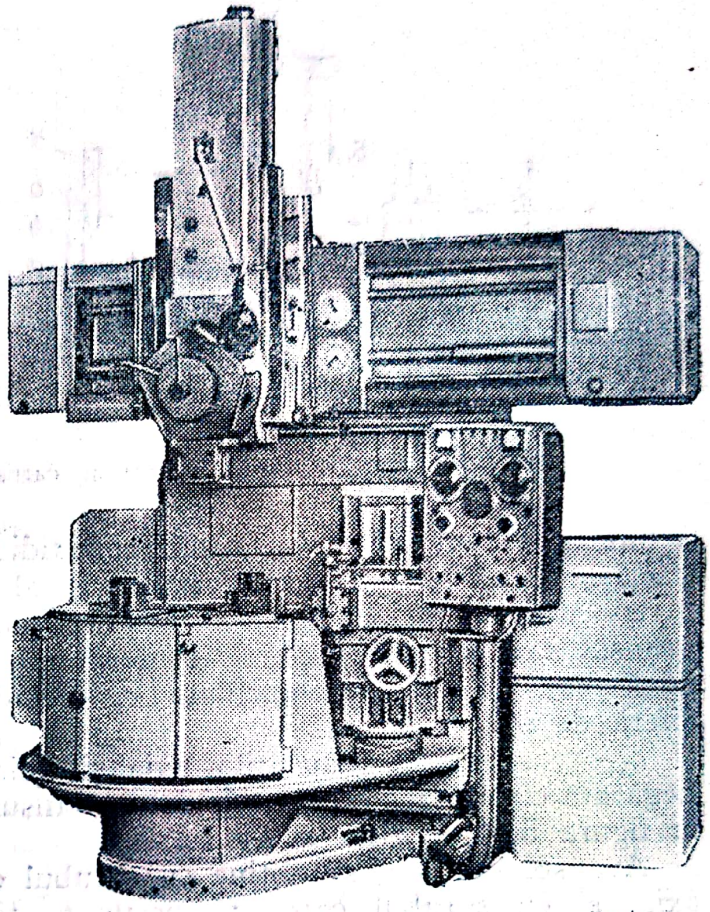


Fig. 5.25. Strung carusel cu un montant.

Figura 5.25 reprezintă vederea generală asupra unui strung carusel cu un singur montant, cu traversă fixă. Construcţia, părţile componente principale şi funcţionarea sînt asemănătoare cu strungul prezentat în figura 5.24.

Strungurile carusel pot fi dotate cu mecanisme de copiere mecanice hidraulice sau electrice, în scopul realizării suprafeţelor profilate atît pe suprafaţa frontală cît şi periferică a pieselor de prelucrat.

5.3.2. Posibilităţile tehnologice şi reglarea strungurilor carusel

Prelucrarea suprafeţelor conice pe strungurile carusel se poate realiza cu diferite metode.

a — prima metodă constă în înclinarea ghidajelor barei portsculă *10*, astfel ca direcţia avansului axial s_a să coincidă cu direcţia generatoarei suprafeţei conice de prelucrat. Metoda este simplă, precisă, uşor de aplicat, însă limitează valorile unghiului conicităţii pînă la 30°.

b — o altă metodă constă în utilizarea dispozitivelor de copiat. Metoda este precisă şi se poate aplica în producţia de serie. Printre dezavantaje

Scanned with OKEN Scanner

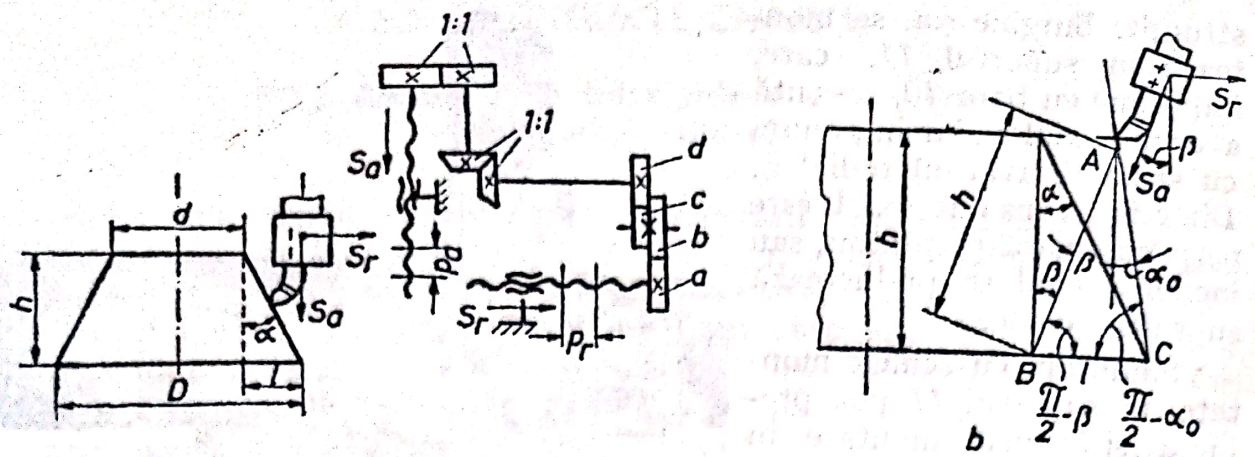


Fig. 5.26. Strunjire conică pe strung carusel cu legătură cinematică.

se numără faptul că necesită o calificare ridicată a personalului de deservire a maşinii, măreşte costul strungului şi al întreţinerii.

c — metoda des utilizată constă în combinarea avansului axial s_a cu avansul radial s_r. Se aplică în două moduri: c_1 — cînd direcţiile celor două avansuri sînt perpendiculare; c_2 — cînd direcţiile celor două avansuri diferă de 90°.

c_1 — combinarea avansurilor axial şi radial după direcţii perpendiculare. Legătura cinematică dintre cele două avansuri este reprezentată simplificat în figura 5.26, poziţia *a*.

Avansul radial s_r se obţine cu şurubul care are pasul p_r, iar avansul axial s_a cu şurubul care are pasul p_a, ţinîndu-se seamă de turaţiile corespunzătoare ale şuruburilor.

Semiunghiul conului α se obţine din raportul cotelor l/h, unde

$$l = \frac{D-d}{2}.$$

Se poate scrie

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{l}{h} = \frac{s_r}{s_a}.$$

Relaţia care leagă cele două mişcări cu raportul dat de tangenta unghiului α are forma:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{s_r}{s_a} = \frac{n_{şr}\cdot p_r}{n_{şa}\cdot p_a}.$$

Legătura dintre turaţiile şuruburilor se exprimă cu ecuaţia cinematică:

$$n_{şr}\cdot\frac{a}{b}\frac{c}{d} = n_{şa},$$

astfel că

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{p_r}{\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}\cdot p_a},$$

de unde raportul de transmitere al roţilor de schimb este

$$i_{rs} = \frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d} = \frac{p_r}{p_a}\cdot\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Dacă $p_r = p_a$, relaţia devine:

$$i_{rs} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

c_2 — în cazul cînd unghiul α trebuie realizat cu precizie ridicată, iar în garnitura roţilor de schimb nu există roţi cu numere de dinţi corespunzătoare, corectarea se obţine prin combinarea celor două avansuri după direcţii diferite de 90° cu unghiul β.

Cazul este reprezentat în figura 5.26, poziţia *6*, unde se urmăreşte ca prin înclinarea saniei portsculă cu unghiul α să se obţină corecţia de la unghiul α (obţinut cu roţile de schimb existente) la unghiul α_0 dorit. Pentru determinarea unghiului de înclinare β se scrie teorema sinusurilor în triunghiul ABC:

$$\frac{l}{\sin(\alpha_0 + \beta)} = \frac{h}{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_0\right)},$$

de unde

$$\frac{l}{h} = \frac{\sin(\alpha_0 + \beta)}{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_0\right)} = \operatorname{tg} \alpha$$

sau

$$\sin(\alpha_0 + \beta) = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \alpha_0.$$

Cunoscînd valorile unghiurilor α şi α_0, pentru unghiul β se poate scrie relaţi :

$$\beta = -\alpha_0 + \operatorname{arc}\ \sin(\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \alpha_0).$$

Relaţia este valabilă pentru cazul cînd $\alpha > \alpha_0$. Pentru cazul cînd $\alpha < \alpha_0$ relaţia devine:

$$\sin(\alpha_0 - \beta) = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \alpha_0,$$

adică

$$\beta = \alpha_0 + \operatorname{arc}\ \sin(\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \alpha_0).$$

5.4. STRUNGURI AUTOMATIZATE

5.4.1. Probleme generale şi clasificarea strungurilor automatizate

Necesitatea ridicării continue a productivităţii muncii a impus introducerea în producţia de serie şi de masă a strungurilor semiautomate şi automate, maşini-unelte la care întregul ciclu de prelucrare a unei piese se execută automat. Muncitorului îi revine doar rolul de a supraveghea funcţionarea maşinii şi de a schimba piesa prelucrată cu un nou semifabricat, în cazul strungurilor semiautomate şi de a supraveghea funcţionarea maşinii şi de a schimba bara, sau de a încărca buncărele (jgheaburile) de alimentare automată, în cazul strungurilor automate.

Deosebirea dintre un strung semiautomat şi unul automat constă în faptul că la strungul semiautomat muncitorul trebuie să schimbe piesa prelucrată cu un nou semifabricat, pe cînd la strungurile automate, alimentarea cu un nou semifabricat, sau cu o nouă porţiune de bară, se face automat, alimentarea fiind inclusă în ciclul automat al strungului.

Scanned with OKEN Scanner

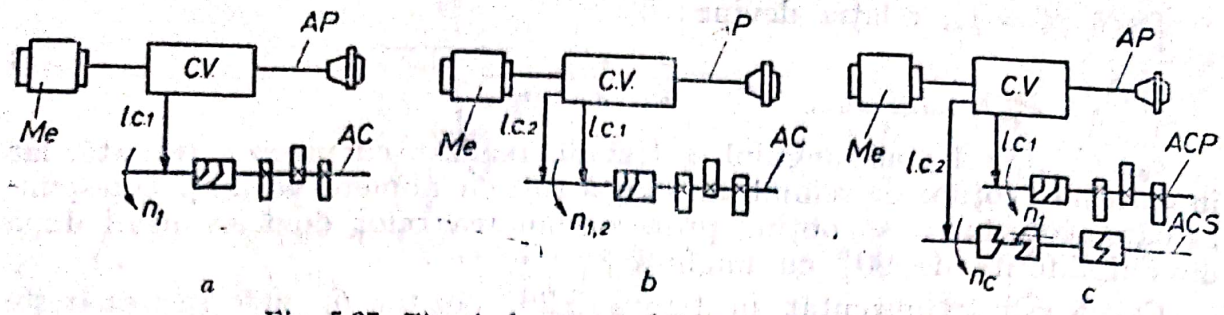


Fig. 5.27. Tipuri de grupe de strunguri automate.

Varietatea constructivă, dimensională şi funcţională a strungurilor automatizate fiind foarte mare, clasificarea lor se poate face după diferite criterii, de exemplu : *a* — după poziţia axei arborelui principal există strunguri automatizate orizontale şi verticale; *b* — după numărul arborilor principali există strunguri automatizate monoax şi multiaxe; *c* — după modul de comandă al ciclului de lucru automat ş.a.

Acest ultim criteriu este cel mai frecvent utilizat, după care se deosebesc trei grupe, schematizate în figura 5.27. Strungurile automatizate, din punctul de vedere al comenzii ciclului automat de lucru, se caracterizează prin arborele de comandă *AC* care, de regulă, poartă camele disc şi spaţiale, de la care se preiau mişcările de avans de lucru şi rapide de apropiere — — îndepărtare a săniilor portscule. Arborele de comandă execută o rotaţie completă (360°) la un ciclu de lucru, deci în timpul în care se prelucrează o piesă, astfel că de aici se comandă toate funcţiile necesare realizării ciclului de lucru.

După construcţia şi funcţionarea arborilor de comandă se deosebesc trei grupe. Din prima grupă (fig. 5.27, poz. *a*) fac parte strungurile automatizate la care arborele de comandă se roteşte cu viteză unghiulară constantă (ω_1), atît la transmiterea avansurilor de lucru, cît şi a avansurilor rapide de apropiere — îndepărtare. Mişcarea este preluată de la lanţul mişcării principale (cutia de viteză) cu o singură legătură cinematică l_{C1}.

Din a doua grupă (fig. 5.27, poz. *b*) fac parte strungurile automatizate la care arborele de comandă se roteşte cu două viteze unghiulare. Cu viteză unghiulară lentă (ω_1), obţinută prin legătura cinematică l_{C1} (cînd se transmit avansurile de lucru) şi cu viteză unghiulară mărită (ω_2), transmisă prin lanţul cinematic l_{C2} (cînd se transmit avansurile rapide de apropiere — îndepărtare). Cu această construcţie, timpii auxiliari se reduc considerabil şi creşte capacitatea de lucru a maşinii-unelte.

Din grupa a treia (figura 5.27, poz. *c*) fac parte strungurile automatizate care au doi arbori de comandă, unul principal *ACP* şi unul secundar *ACS*. Arborele de comandă principal transmite avansurile de lucru, iar arborele de comandă secundar comandă fazele ciclului de lucru automat şi avansurile rapide de apropiere — îndepărtare.

5.4.2. Strungul semiautomat monoax orizontal de copiat

Strungurile semiautomate de copiere se utilizează la prelucrarea pieselor turnate sau forjate cu configuraţie complexă, necesitînd mai multe faze.

Un exemplu de asemenea strung este reprezentat schematizat în figura 5.28. Semifabricatul *1* este montat între vîrfurile arborelui principal *4* şi păpuşii mobile *5*. Prelucrările cu avans longitudinal de la dreapta

spre stînga se efectuează cu scula montată în sania superioară *2*, iar prelucrările cu avans longitudinal de la stînga la dreapta se execută cu scula montată în sania inferioară *3*. În cazul prelucrărilor cu copiere, modelul se fixează între vîrfurile *12* pentru sania superioară și vîrfurile *13* pentru sania inferioară.

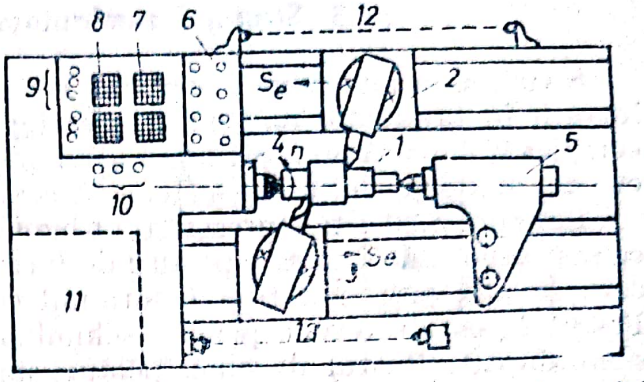


Fig. 5.28. Vedere simplificată asupra strungului semiautomat de copiat.

Ciclul de lucru poate fi comandat manual cu butoanele aflate pe tabloul de comandă *6*, utilizînd în cazul reglării mașinii în vederea trecerii la un nou tip de dimensiuni de piesă, sau se poate comanda automat.

Ciclul de lucru, de fapt, se compune din ciclurile saniei superioare *2* și saniei inferioare *3*. Pentru fiecare există cîte un tablou cu orificii *7* pentru programarea funcțiilor ciclului de lucru. Pe verticală coloanele de orificii reprezintă funcțiile programabile (turații, avansuri etc.), iar pe orizontală, numărul rîndurilor reprezintă numărul fazelor pe care le poate realiza strungul semiautomat.

Comanda funcțiilor se realizează cu cîte un sistem de limitatoare de curse, montate pe tamburii cu discuri *8*. La cursa maximă a saniei superioare *2*, tamburul *8* superior se rotește cu 360°, timp în care se realizează un ciclu de lucru. Tamburii cu discuri *8* se pot deci asemăna cu arborele de comandă. Camele de pe discuri se reglează în funcție de lungimea necesară a curselor săniilor *2* și *3*, la finele cărora se comandă trecerea la faza următoare.

Treptele de turații, care se pot obține în cadrul ciclului de lucru, se reglează cu butoanele *10*, iar treptele avansurilor cu butoanele *9*.

Mișcările de avans și deplasarea pinolei păpușii mobile *5* se realizează pe cale hidraulică, panoul hidraulic *11* fiind încorporat în batiul mașinii sau în afara batiului.

Pentru prelucrări cu avans transversal strungul este dotat și cu o sanie transversală (nereprezentată în fig. 5.28), care execută mișcare rectilinie sau pendulară.

În figura 5.29 este redată fotografia spațiului de lucru al strungului semiautomat de copiere reprezentat schematizat în figura 5.28 și descris mai înainte.

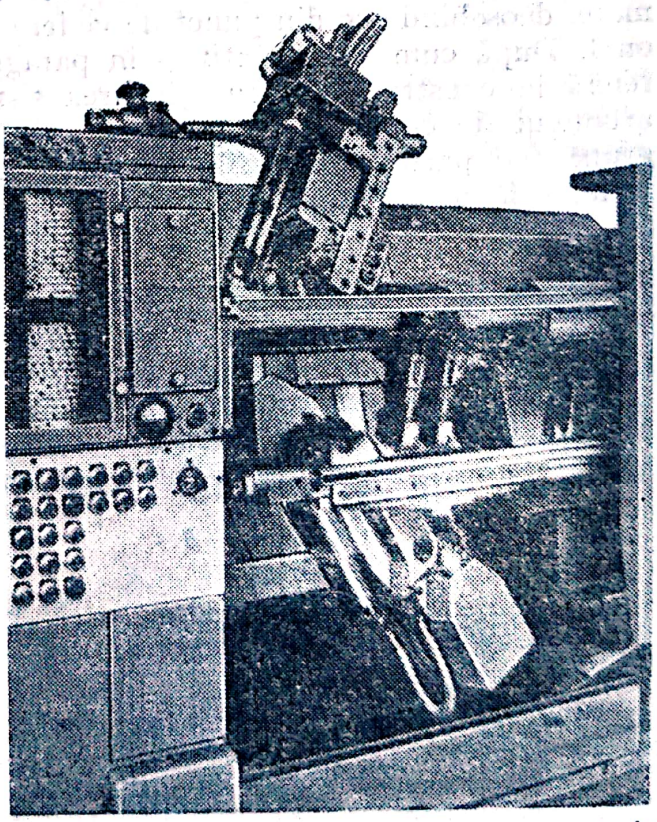


Fig. 5.29. Părțile principale de comandă și de lucru ale strungului semiautomat de copiat.

Scanned with OKEN Scanner

5.4.3. Strungul semiautomat vertical multiaxe

Strungul semiautomat vertical cu mai multe axe este destinat prelucrării în producţie de serie a pieselor forjate sau turnate, avînd formă complexă, carcasă etc. Strungul are mai mulţi arbori (4—12), fiecare dotat cu un mandrin în care se fixează semifabricatele.

În figura 5.30 este reprezentat un exemplu de strung semiautomat vertical cu şase arbori, deci cu şase posturi de lucru. Strungul are masă inelară *2* pe care se află şase mandrine *1*, formînd cele şase posturi de lucru $P_1 \div P_6$. Postul P_1 este rezervat pentru schimbarea piesei prelucrate cu un nou semifabricat. Restul de cinci posturi sînt active (în fiecare se prelucrează cîte o fază). În dreptul mandrinelor active se află cîte o sanie portsculă *3*, care primeşte mişcările de avans longitudinal s_l de la camele spaţiale *4*.

Mişcările sînt preluate de la motorul electric *6* şi prin roata dinţată z_1 se transmite la mandrinele posturilor $P_2 \div P_6$. De la roata z_2 mişcarea se transmite ca mişcare de divizare n_{div} a mesei inelare, în vederea trecerii la faza următoare. Camele spaţiale *5* şi *8* comandă funcţiunile ciclului de lucru automat, ca de exemplu : pornirea şi oprirea rotirii mandrinelor, pornirea şi oprirea rotirii camelor *4*, comanda mişcării de divizare a mesei inelare ş.a.

Varietatea constructivă dimensională şi funcţională a strungurilor semiautomate verticale multiaxe este foarte mare, rezultînd din numărul de posturi de lucru, de construcţia lanţurilor cinematice (mecanice, hidraulice ş.a.), de componenţa şi construcţia sistemului de comandă al ciclului de lucru ş.a.

5.4.4. Strungurile automate monoax

Strungurile automate monoax sînt construite într-o varietate foarte mare, deosebindu-se din punct de vedere constructiv, dimensional şi funcţional. După cum s-a amintit şi în paragraful 5.4.1, principalul criteriu se referă la construcţia şi funcţionarea sistemului de comandă, respectiv a arborelui de comandă, după care există trei grupe de bază. Din prima grupă fac parte strungurile automate cele mai simple, iar din grupa a treia, cele mai complicate.

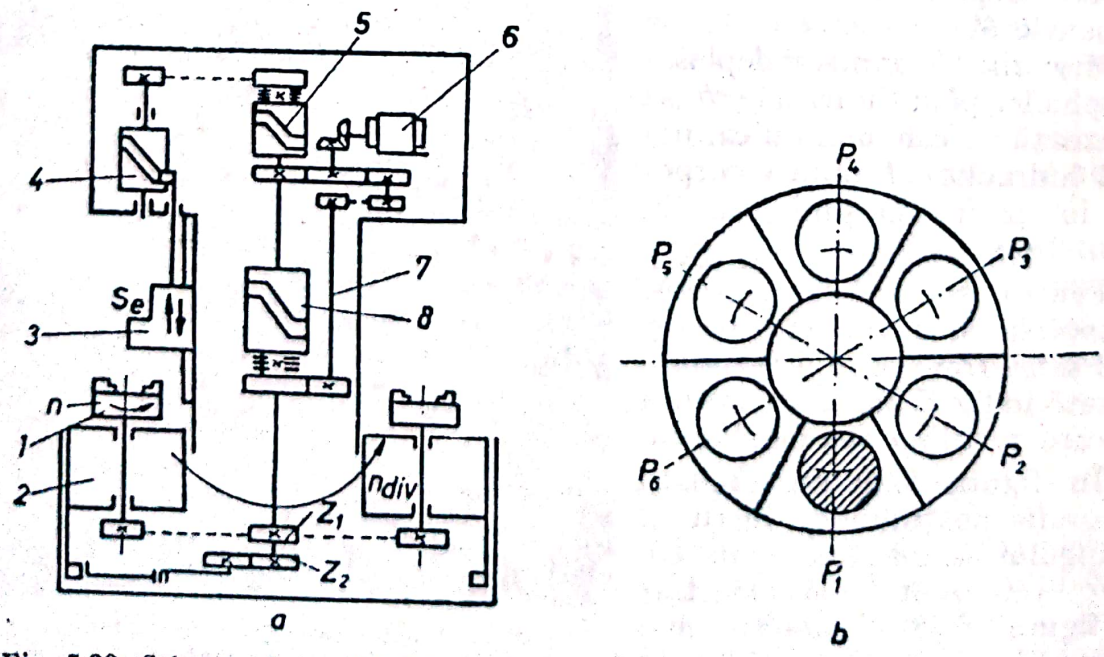


Fig. 5.30. Schema cinematică schematizată a strungului automat vertical multiaxe.

Scanned with OKEN Scanner

În figura 5.31 se prezintă cinematica și funcționarea unui strung automat monoax din prima grupă. Semifabricatul, sub formă de bară *1* este fixat în arborele principal al păpușii *2* și execută mișcare de rotație în scopul obținerii vitezei de așchiere *v*. Mișcarea este primită de la motorul electric *Me* prin intermediul arborelui *7* și transmisiei de curea *3*. Sculele, de tipul cuțitelor de strung, sînt montate pe suportul *8* și se pot deplasa radial, cu mișcarea de avans s_t, sau ca mișcare de poziționare. Avansul axial (longitudinal) s_l este executat de păpușa *2* împreună cu semifabricatul *1*.

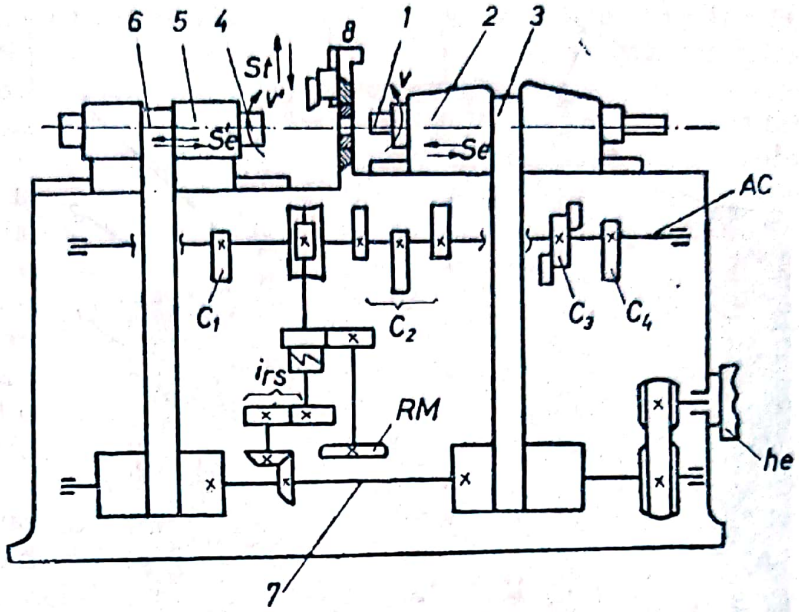


Fig. 5.31. Schema cinematică a strungului automat normal din prima grupă.

Sculele de tipul burghiului, tarodului ș.a. se montează în arborele păpușii *5* și execută mișcare de rotație pentru obținerea vitezei v' și o mișcare de avans axial (longitudinal) s_l'. Mișcarea de rotație este preluată de la arborele *7* cu transmisia de curea *6*.

Ciclul de lucru este comandat de arborele de comandă *AC*, care se rotește cu 360° în timpul unui ciclu, respectiv în timpul prelucrării unei piese, inclusiv alimentarea. Mișcarea arborelui de comandă este preluată de la arborele *7*, iar raportul de transmitere i_r, se reglează cu roți de schimb. În timpul reglării strungului, arborele de comandă se rotește cu roata de mînă *RM*.

Cama C_1 de pe arborele de comandă transmite avansul longitudinal s_l' al păpușii *5*, atît în avans de lucru, cît și rapid. Camele C_2 transmit avansurile transversale s_t ale sculelor de pe suportul *8*. Cama C_4 transmite avansul longitudinal s_l al păpușii *2*. Cama C_3 este o camă reglabilă și comandă mișcările necesare alimentării, deci înaintării barei semifabricat *1* cu lungimea necesară unei piese. Mișcările necesare alimentării se pot urmări în figura 5.32.

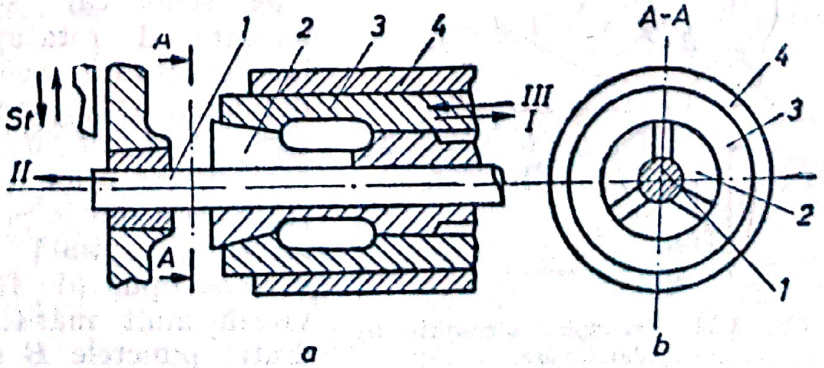


Fig. 5.32. Fixarea barei semifabricat cu bucșă extensibilă și mișcările necesare alimentării.

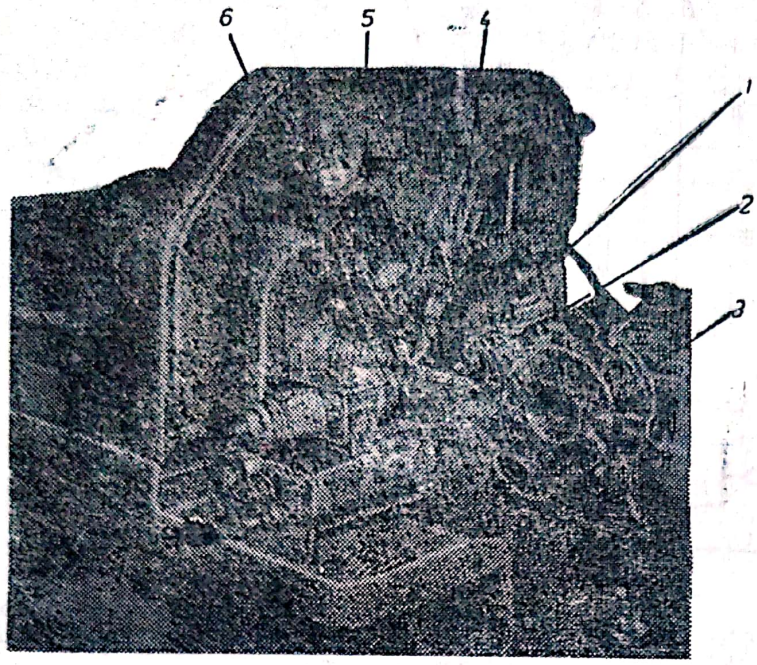


Fig. 5.33. Părţile principale de lucru ale strungului automat monoax.

După ce cuţitul de debitare a îndepărtat piesa finită şi s-a retras, bucşa *3* se retrage spre dreapta (săgeata *I*) pentru a elibera strîngerea bucşei extensibile *2*. Urmează comanda pentru înaintarea barei semifabricat *1* cu lungimea necesară piesei următoare (mişcarea *II*). A treia fază, ultima, constă în revenirea bucşei *3*, cu mişcarea *III*, în scopul acţionării asupra bucşei extensibile *2*, care fixează bara semifabricat *1*.

Strungurile automate monoax din grupa a treia sînt prevăzute şi cu un cap revolver în care sînt montate sculele care prelucrează cu avans longitudinal. Fotografia unui asemenea strung automat asupra subansamblurilor principale de lucru se prezintă în figura 5.33 unde: *1* reprezintă semifabricatul; *2* şi *6* — păpuşi pentru antrenarea sculelor de tipul frezelor sau pietrelor de rectificat; *3* — capul revolver; *4* şi *5* — sănii portsculă care prelucrează cu avans transversal (radial).

5.5. STRUNGUL DE DETALONAT

5.5.1. Funcţionarea, cinematica şi reglarea strungului de detalonat

Strungul de detalonat este destinat operaţiei de detalonare a sculelor de tipul frezelor, alezoarelor ş.a. Operaţia de detalonare se efectuează, în special la frezele profilate, în scopul profilării suprafeţelor de aşezare a dinţilor după un arc de spirală arhimedică (v. fig. 5.34). Astfel, scula reascuţită pe suprafaţa de degajare îşi păstrează forma iniţială a muchiilor aşchietoare.

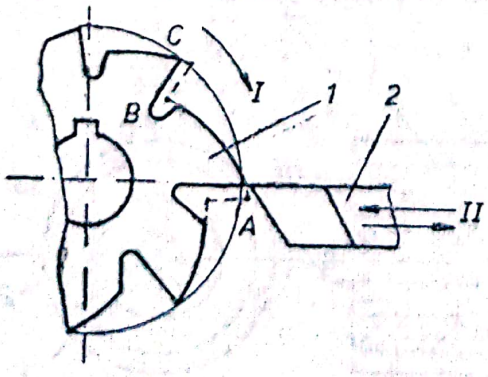


Fig. 5.34. Principiul strunjirii de detalonare.

După cum se poate urmări în figura 5.34, scula care se detalonează execută mişcarea de rotaţie *I*, cu viteză unghiulară constantă. Scula cu care se execută detalonarea *2*, execută mişcarea rectilinie alternativă *II* în direcţie radială. Din combinarea celor două mişcări *I* şi *II*, pe traiectoria dintre punctele *A* şi *B*, rezultă un arc de spirală arhimedică. Mişcarea *II* în sens opus (de retragere) se execută cu viteză mult mărită, rezultînd traiectoria dintre punctele *B* şi *C*, de unde începe

Scanned with OKEN Scanner

un nou arc de spirală, pentru detalonarea dintelui următor. Rezultă că, pentru fiecare dinte scula *2* trebuie să execute o cursă dublă a mişcării *II*. Raportul dintre vitezele mişcărilor *I* şi *II* rezultă din condiţia realizării pasului spiralei, respectiv unghiului de aşezare.

Strungul de detalonat se deosebeşte de strungul universal, în primul rînd, prin construcţia căruciorului care, pe lîngă funcţiile căruciorului strungului universal, trebuie să realizeze şi mişcarea rectilinie alternativă transversală (radială) necesară detalonării. O secţiune transversală simplificată şi principiul funcţionării se prezintă în figura 5.35.

Semifabricatul *1* (freză) execută mişcarea principală de aşchiere *I* şi este detalonat cu cuţitul *2*. Mişcarea de detalonare *II* este executată de sania transversală *3*, fiind preluată de la bara canelată *7* şi transmisă prin angrenajul conic *6*, cama disc *4* şi cepul *5*, care este solidar cu sania *3*. Pentru realizarea cursei de retragere, deci menţinerea contactului dintre cama *4* şi cepul *5*, serveşte resortul *8*. Mişcarea la bara canelată *7* este preluată din cutia de viteze a strungului cu un lanţ cinematic al cărui raport de transmitere este reglabil cu roţi de schimb.

Lanţul cinematic de detalonare trebuie să realizeze legătura cinematică dintre mişcarea de rotaţie *II* a semifabricatului *1* şi mişcarea de detalonare *II*. Trebuie ca, la o rotaţie cu 360° a semifabricatului, cuţitul să execute atîtea curse duble cîţi dinţi are scula de detalonat z_p.

Operaţia de detalonare poate fi de mai multe feluri: *a — detalonare directă* (care se aplică la freze disc cu cuţite profilate); *b — detalonare cu avans* (care se aplică la freze cilindrice cu dinţi drepţi); *c — detalonare pe elice* (care se aplică la freze cilindrice cu dinţi înclinaţi sau la freze-melc).

Pentru exemplificare se analizează lanţul cinematic de detalonare directă, reprezentat schematizat în figura 5.36. Arborele principal *AP* execută mişcarea principală *I*, iar suportul transversal *ST*, mişcarea de detalonare *II*. Mişcarea este preluată de la arborele principal cu raportul de transmitere al cutiei de viteze şi transmisă prin roţile de schimb cu raportul i_{rs}, prin angrenajul conic z_1/z_2 la cama *C*, care realizează mişcarea intermitentă alternativă *II* de detalonare la sania transversală. Ecuaţia cinematică a lanţului are forma:

$$1_{rot.a.pr.} \cdot i_{cv} \cdot i_{rs} \cdot \frac{z_1}{z_2} = n_c = n_{cdII} = z_p,$$

şi realizează condiţia ca la o rotaţie a arborelui principal, modificată cu rapoartele de transmitere ale cutiei de viteze i_{cv}, ale roţilor de schimb

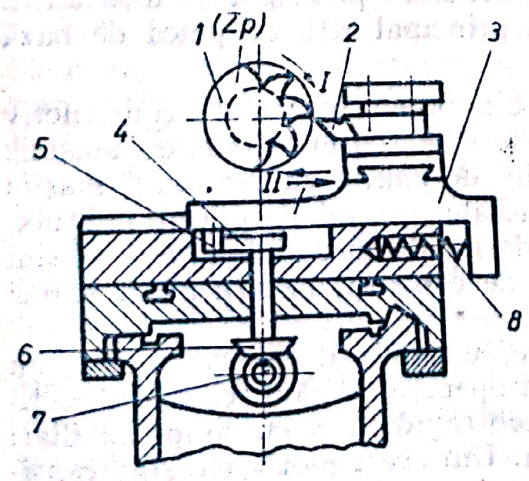
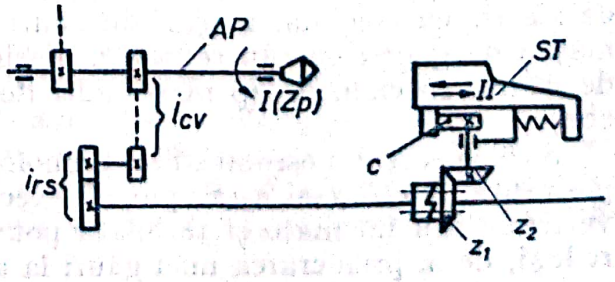


Fig. 5.35. Secţiune transversală simplificată prin căruciorul strungului de detalonare.

Fig. 5.36. Lanţul cinematic simplu de detalonare



i_r, și angrenajului conic, să se obțină un număr de rotații a camei n_c care este egal cu numărul de curse duble a mișcării *II*, respectiv cu numărul de dinți a piesei care se detalonează.

Un asemenea lanț cinematic poate fi folosit și la detalonarea frezelor cilindrice cu dinți drepți. Pentru detalonarea pe elice lanțul cinematic conține și un mecanism diferențial, care permite însumarea unei mișcări suplimentare, necesară urmăririi traiectoriei elicoidale a muchiilor așchietoare ale dinților frezei care se detalonează.

6

MAȘINI DE GĂURIT, MAȘINI DE ALEZAT ȘI FREZAT

6.1. MAȘINI DE GĂURIT

6.1.1. Generalități, clasificare

Mașinile de găurit sînt destinate operațiilor de burghiere, lărgire, adîncire, alezare, lamare, zencuire și filetare. Aceste mașini constituie circa 20% din totalitatea mașinilor-unelte așchietoare din dotarea industriei constructoare de mașini. Mișcarea principală de rotație a sculei și mișcarea de avans, de translație în lungul axei sculei, sînt executate de arborele principal.

Caracteristica principală tehnologică și de exploatare a mașinilor de găurit o constituie diametrul maxim al găurii, exprimat în milimetri, care se poate executa în plin cu un burghiu elicoidal, cu regimul optim de așchiere, într-un semifabricat din oțel cu rezistență la rupere de 60 ... 70 daN/mm^2.

Mașinile de găurit românești au această caracteristică evidențiată în simbolizarea lor, ca de exemplu: G 10; G 12,5; G 13; G 16; G 25; G 40; DC 50; DC 63; GP—45 NC, GPR—45 NC, mașini fabricate la Întreprinderea mecanică Plopeni și la Întreprinderea „Infrățirea" Oradea.

Mașinile de găurit, sub aspect dimensional și ca atare al posibilităților de exploatare, se mai caracterizează prin: cursa maximă a arborelui principal, dimensiunile mesei, distanța între arborele principal și montantul sau coloana mașinii și înălțimea arborelui principal față de placa de bază sau masa mașinii.

Clasificarea mașinilor de găurit se face din punct de vedere constructiv și al domeniului de utilizare, distingîndu-se următoarele tipuri de mașini: mașini de găurit de masă (de banc), mașini de găurit cu montant, mașini de găurit cu coloană, mașini de găurit radiale, mașini de găurit multiax, mașini de găurit cu cap revolver, mașini de găurit în coordonate și mașini de găurit specializate (pentru găuri mici, de centruit, pentru găuri adînci etc.).

Sub aspectul posibilităților tehnologice, mașinile de găurit radiale au posibilitățile cele mai mari, putînd executa operații de găurire după direcții verticale sau înclinate și totodată pot trece rapid, deci cu timpi auxiliari reduși, de la prelucrarea unei găuri la alta. Din acest motiv ele sînt consi-

Scanned with OKEN Scanner

derate mașini de mare productivitate, împreună cu mașinile de găurit multiax și mașinile de găurit cu cap revolver. În schimb rigiditatea mașinilor de găurit radiale este mai redusă în raport cu a mașinilor de găurit cu montant sau coloană și ca atare, precizia prelucrării, sub aspectul dimensiunii găurii și a direcției acesteia, este mai mică în cazul în care nu se apelează la dispozitive speciale de găurire.

La exploatarea mașinilor de găurit, în condițiile asigurării preciziei impuse și a rezistenței sculei și piesei, trebuie astfel reglată mașina încît să se asigure o încărcare energetică cît mai mare. Puterea în procesul de burghiere este dată de expresia

$$P = K D^{x_M - 1} S^{y_M} \cdot V,$$

în care D este diametrul burghiului; S — avansul; V — viteza de așchiere; K, x_M, y_M — coeficient și exponenți aleși din tabele.

Pentru oțeluri de uz general puterea consumată de motorul mașinii este aproximată cu relația: $P = 0{,}02\ D^{1,5}$ [KW], cu D în mm. Diametrele intermediare ale sculelor de găurire, avansul și viteza de așchiere (care pot varia în limitele valorilor date de regimul de așchiere calculat) vor trebui astfel alese încît, în condițiile de mai sus, să se asigure o putere consumată cît mai apropiată de puterea nominală a motorului mașinii. Se obține astfel o productivitate mărită și un randament energetic superior, respectiv un consum mai redus de energie la unitatea de volum de așchii detașate.

6.1.2. Părțile componente principale și cinematica mașinilor de găurit

În figurile 6.1 și 6.2 sînt evidențiate arhitectura și cinematica principială a unei mașini de găurit cu montant și respectiv a unei mașini de găurit cu coloană. Mașinile au în componența lor o placă de bază *1*, perpendicular pe care este dispus un montant *2* (fig. 6.1) sau este dispusă o coloană *2* (fig. 6.2). În partea superioară a montantului sau coloanei se află capul de găurit *3*. Scula așchietoare se fixează în arborele principal *4*, aflat în pinola *5*. Semifabricatul este fixat direct pe masa mașinii *6* (fig. 6.1) sau pe o masă rotativă *7*, plasată pe suportul mesei *6* (fig. 6.2).

Mișcarea principală *I*, de rotație a arborelui principal *4*, este acționată de motorul electric *M* și reglată prin cutia de viteze *CV*.

Lanțul cinematic de avans este dependent cinematic de lanțul principal. Această dependență impune ca unitatea de măsură a avansului să fie mm/rot. Ca atare, mișcarea este culeasă de la lanțul cinematic principal, este reglată prin cutia de avansuri *CA* și transmisă printr-un mecanism pinion-cremalieră $z_1 - Cr_1$ la pinola *5* a arborelui principal, care imprimă sculei mișcarea de avans. Această mișcare se poate realiza și manual cu ajutorul manetei m_1.

La mașinile de găurit cu montant, mișcarea de poziționare verticală *III* a capului de găurit este obținută mecanic, preluînd prin cuplajul *C* mișcarea de la lanțul cinematic de avans și transmițînd-o mecanismului pinion cremalieră $z_4 - Cr_2$, sau este realizată manual cu manivela m_2. Poziționarea verticală *IV* a mesei mașini de găurit cu montant se efectuează manual cu manivela m_3, roțile conice $z_5 - z_6$ și mecanismul șurub-piuliță *S*.

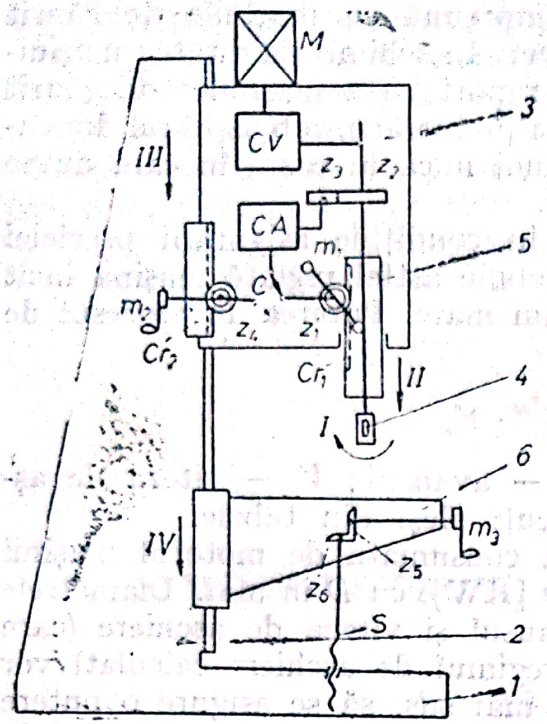


Fig. 6.1. Construcţia şi cinematica maşinii de găurit cu montant.

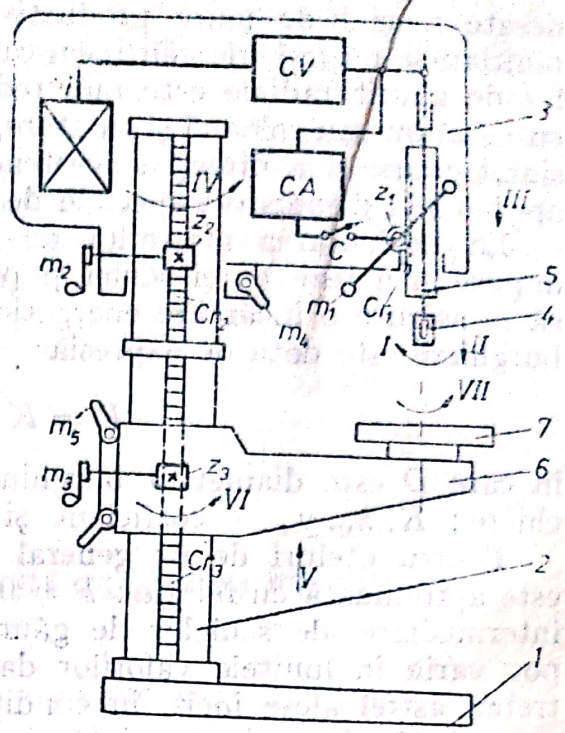


Fig. 6.2. Construcţia şi cinematica maşinii de găurit cu coloană.

Maşina de găurit cu coloană posedă mai multe posibilităţi de poziţionare, atît a capului de găurit, cît şi a mesei maşinii. Capul de găurit poate fi poziţionat vertical, în mişcarea *III*, cu ajutorul manivelei m_2 şi a mecanismului pinion-cremalieră $z_2—Cr_2$ şi totodată poate fi poziţionat circular, în mişcarea *IV*, rotindu-l manual în jurul axei coloanei. Suportul mesei are aceleaşi mişcări de poziţionare, poziţionarea verticală *V* cu manivela m_3 şi mecanismul pinion-cremalieră $z_3—Cr_3$ şi circulară *VI*. În plus, masa 7 se poate poziţiona circular în mişcarea *VII*. Manetele m_4 şi m_5 blochează capul de găurit şi suportul mesei pe coloană.

Comparînd cele două tipuri de maşini sub aspectul performanţelor, se poate arăta că maşinile de găurit cu montant permit prelucrarea găurilor pînă la diametre de 60 ... 70 mm, iar cele cu coloană, datorită rigidităţii mai mici, ca urmare a numărului mai mare de grade de libertate ale părţilor componente, permit prelucrarea găurilor pînă la diametre de 40 mm. În schimb, maşinile cu coloană au posibilitatea executării mai multor alezaje, la aceiaşi prindere a semifabricatului pe masa maşinii, apelînd la mişcările de poziţionare verticale şi circulare ale capului de găurit şi mesei maşinii.

La exploatarea acestor maşini trebuie reglate corespunzător sistemele de asigurare faţă de suprasarcini. Depăşirea forţei axiale, transmisă sculei de pinola arborelui principal, duce la deschiderea cuplajului mecanic de siguranţă plasat pe arborele pinionului z_1. Depăşirea momentului de aşchiere suprasolicită motorul electric care este protejat prin releu termic.

6.1.3. Maşini de găurit de înaltă productivitate

La aceste maşini mărirea productivităţii prelucrării se obţine fie pe seama micşorării timpilor auxiliari aferenţi repoziţionării sculei în raport cu semifabricatul, ca în cazul maşinilor de găurit radiale, sau a schimbării

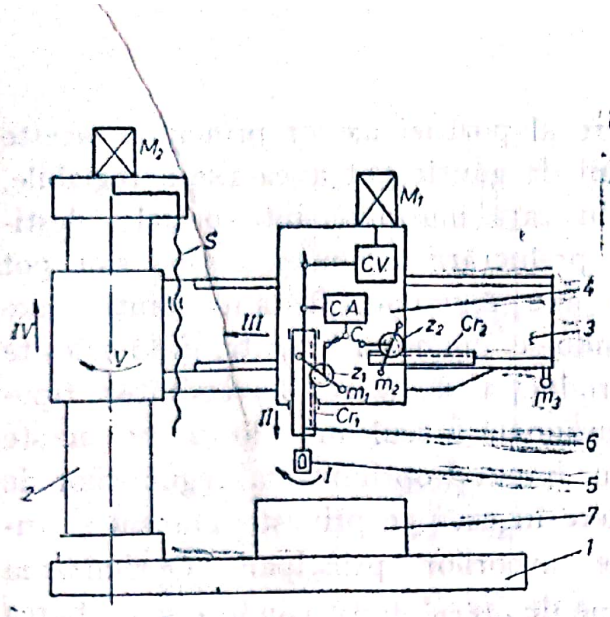


Fig. 6.3. Construcţia şi cinematica maşinii de găurit radiale cu braţ deplasabil.

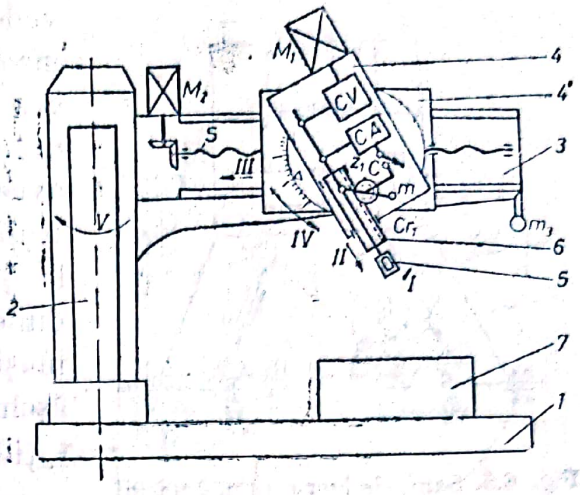


Fig. 6.4. Construcţia şi cinematica maşinii de găurit radiale cu cap de găurit înclinabil.

sculei la trecerea la o altă operaţie, ca în cazul maşinilor de găurit cu cap revolver, fie pe seama micşorării timpilor de bază, prin suprapunerea acestora, ca în cazul maşinilor de găurit multiax.

Maşinile de găurit radiale sînt destinate, în special, prelucrării pieselor mari şi grele, operaţiile de găurire executîndu-se la aceeaşi prindere a semifabricatului, pentru toate alezajele de pe aceeaşi faţă a lui.

Maşinile de găurit radiale pot avea diferite arhitecturi (fig. 6.3 şi 6.4), fiind formate dintr-o placă de bază *1*, pe care sînt dispuse coloana *2* şi masa maşinii *7*. Coloana serveşte drept ghidaj circular pentru braţul *3*, pe care se poate deplasa în mişcare radială capul de găurit *4*. Capul de găurit conţine arborele principal *5* şi pinola acestuia *6*.

Mişcarea principală *I* este acţionată de motorul electric M_1 şi reglată prin cutia de viteze *CV*. Ca şi în cazul celorlalte maşini de găurit, mişcarea de avans axial *II* este preluată de la lanţul cinematic principal, reglată prin cutia de avansuri *CA* şi transmisă pinolei arborelui principal de un mecanism pinion-cremalieră $z_1—Cr_1$.

La structura din figura 6.3, mişcarea de poziţionare radială *III* a capului de găurit pe braţul maşinii se obţine printr-un mecanism pinion-cremalieră $z_2—Cr_2$, acţionat mecanic de către lanţul cinematic de avans, sau manual cu roata de mînă m_2. Mişcarea de poziţionare verticală *IV* a braţului pe coloana maşinii se realizează de către motorul electric M_2 şi un mecanism şurub piuliţă *S*. Mişcarea de poziţionare circulară *V* a braţului pe coloană se efectuează manual cu maneta m_3.

Structura din figura 6.4 are posibilitatea poziţionării circulare *IV* a capului de găurit pe sania radială *4'* în scopul executării alezajelor înclinate. Poziţionarea radială *III* a saniei *4*, se efectuează de motorul M_2, un angrenaj conic şi mecanismul şurub piuliţă *S*. Unele maşini de găurit radiale nu poziţionează vertical braţul maşinii, poziţionarea lui realizîndu-se numai circular, în mişcarea *V*, efectuată manual (fig. 6.4).

După efectuarea operaţiilor de poziţionare, operatorul trebuie să blocheze braţul pe coloană şi capul de găurit pe braţ, prin sistemele mecanice sau hidraulice ale maşinii, în scopul măririi rigidităţii şi în consecinţă a creşterii preciziei de găurire.

Maşinile de găurit multiax asigură prelucrarea simultană a mai multor alezaje, ele fiind destinate producţiei de serie sau masă. Din punct de

Scanned with OKEN Scanner

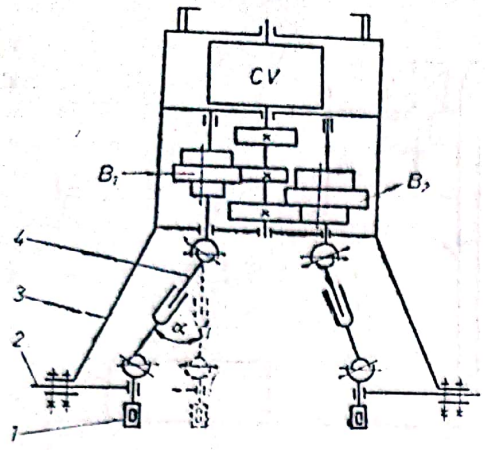


Fig. 6.5. Sania de lucru a unei maşini de găurit multiax.

vedere al poziţiei axelor principale aceste maşini de găurit pot avea axe nereglabile, caz în care maşinile sînt speciale, destinate prelucrării aceluiaşi reper, sau pot avea axe reglabile, distanţa dintre axe reglîndu-se în anumite limite, fiind folosite la producţia de serie. Diversitatea tipodimensională a sculelor folosite pe aceste maşini impune optimizarea regimurilor de aşchiere în ceea ce priveşte avansul şi turaţiile arborilor principali. Optimizarea mpune de obicei drept condiţie schimbarea simultană a sculelor (durabilitate aproximativ constantă a acestora) sau schimbarea lor pe loturi. Avansul capului de găurit fiind acelaşi pentru toate sculele, este necesară asigurarea unor turaţii diferite arborilor principali.

În figura 6.5 este prezentată sania de găurire a unei maşini de găurit multiax la care axele principale au poziţie reglabilă. Arborii principali *1* sînt fixaţi în foarfecii *2*, care le asigură poziţie reglabilă sub clopotul *3*. Turaţia arborilor principali este reglată cu o cutie de viteze *CV*, la schimbarea reperului, şi prin baladoarele B_1, B_2, ... pentru obţinerea turaţiilor diferite ale diverselor scule montate în aceştia. Mişcarea este furnizată arborilor principali printr-o transmisie dublu cardanică şi telescopică *4*.

Maşinile de găurit cu cap revolver au posibilitatea prelucrării alezajelor mai complexe, sub aspectul suprafeţelor de generat, putînd efectua prelucrarea cu mai multe scule fixate în capul revolver. După poziţia capului revolver se disting maşini de găurit cu axa capului revolver orizontală (fig. 6.6, *a*, *b*) sau cu axa capului revolver înclinată (fig. 6.6, *c*).

Capul revolver *1* este plasat pe sania de găurire *2* care execută mişcarea de avans *II* pe montantul *3* al maşinii. Piesa *4* este fixată pe masa *5* a maşinii, care se poate deplasa în coordonate sau prin comandă numerică de poziţionare. Arborii principali, în care sînt fixate, reglate sau prereglate sculele aşchietoare, sînt antenate individual în mişcarea principală *I* de către un motor electric *M*, o cutie de viteze *CV*, cuplajul C_1 şi angrenajele $z_1 - z_2$ şi $z_3 - z_4$. Cutia de viteze este prevăzută cu cuplaje electromagnetice programabile, care asigură turaţia necesară fiecărei scule din capul revolver atunci cînd aceasta ajunge în poziţia de lucru. De la lanţul cinematic principal, mişcarea se poate transmite, prin cuplajul C_2 la capul revolver, pentru efectuarea operaţiei de divizare *III*, în vederea aducerii unei alte scule în zona de aşchiere. Mişcarea de avans şi de poziţionare în mişcarea rapidă *II* este furnizată saniei de găurire de un mecanism şurub-piuliţă sau sistem hidraulic de acţionare. Viteza de avans a capului revolver este variabilă şi ea în funcţie de scula care efectuează

Scanned with OKEN Scanner

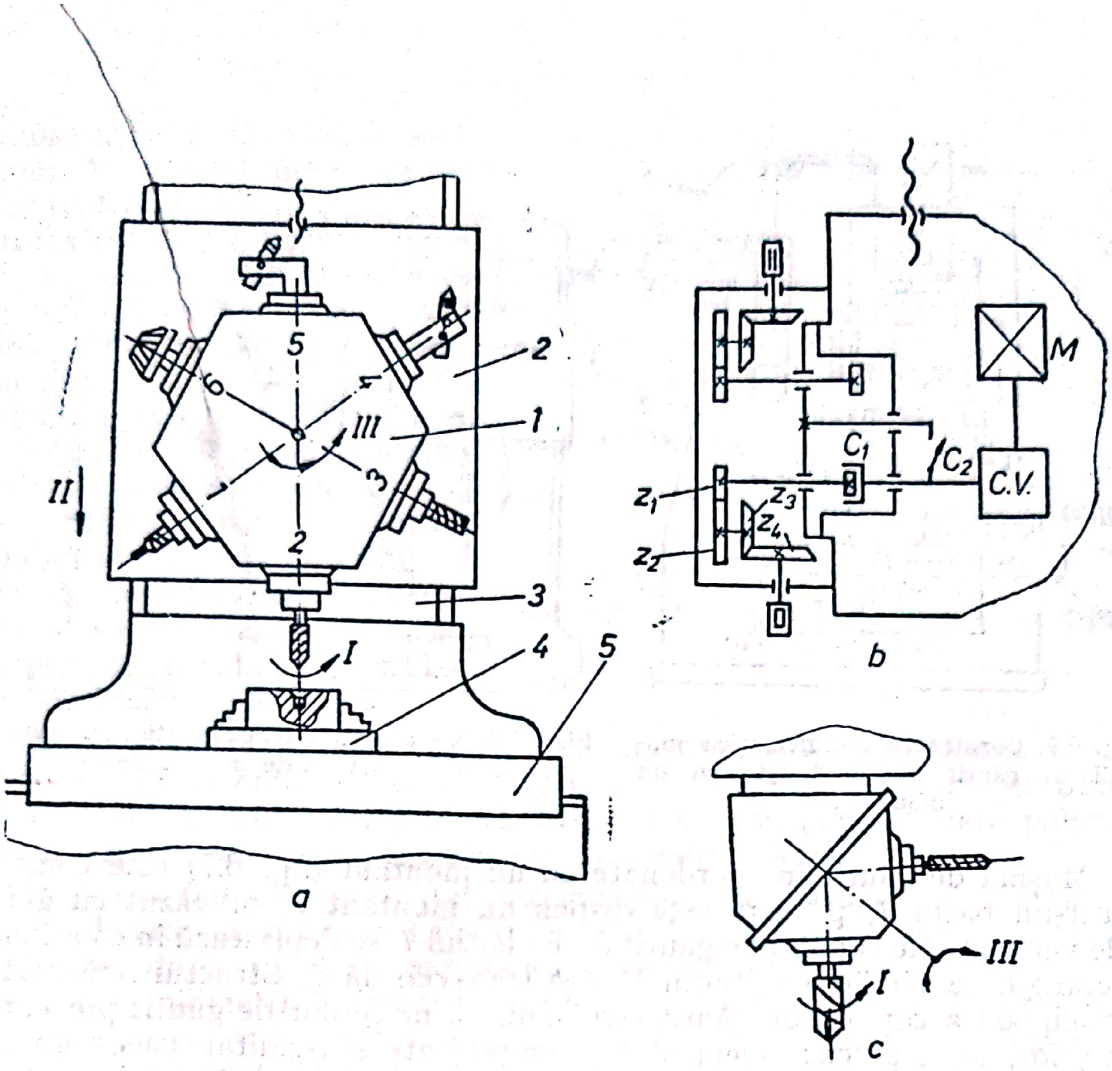


Fig. 6.6. Construcția și cinematica capului revolver a unei mașini de găurit cu cap revolver.

prelucrarea astfel încît, lanțul cinematic de avans va furniza vitezele de avans programate și preselectate. Cursa saniei de găurire, pentru fiecare sculă, este stabilită prin limitatoare de cursă sau prin comandă numerică de poziționare.

6.1.4. Mașini de găurit în coordonate

Mașinile de găurit în coordonate sînt destinate prelucrării pieselor cu precizie foarte mare, în ceea ce privește dimensiunile alezajelor și distanța dintre ele, prin operații de burghiere, lărgire, adîncire, alezare și frezare. Ele sînt utilizate la prelucrarea în producție individuală (prototip) sau de serie foarte mică a calibrelor, dispozitivelor, sculelor foarte precise, pieselor de schimb de mare precizie, sau a altor repere cu toleranțe foarte strînse, care se pretează la prelucrări prin operațiile de mai sus.

Precizia ridicată a prelucrării se datorește execuției lor foarte îngrijite, cu jocuri și abateri minime la arborele principal și ghidajele săniilor, precum și posibilității măsurării foarte precise a deplasărilor organelor de lucru. În plus, aceste mașini sînt instalate în camere izoterme (cu climatizare la temperaturi de 18 ... 20°C), ele fiind montate pe fundații speciale cu atenuatori de șocuri și vibrații.

Sub aspect arhitectual mașinile de găurit în coordonate pot fi cu un montant (sau coloană) sau cu doi montanți (sau coloane).

Scanned with OKEN Scanner

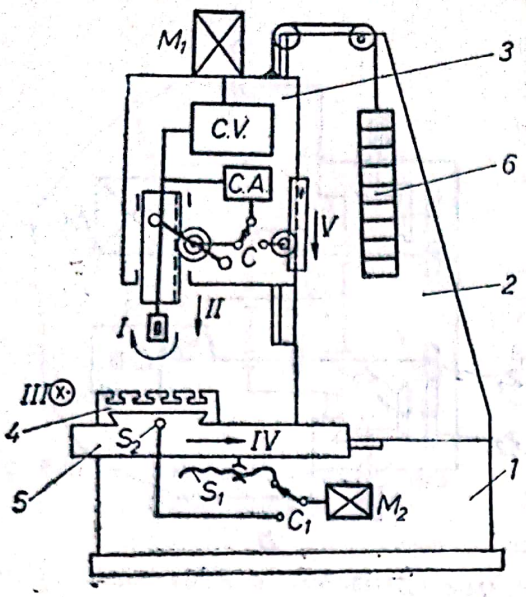


Fig. 6.7. Construcţia şi cinematica maşinii de găurit în coordonate cu un montant.

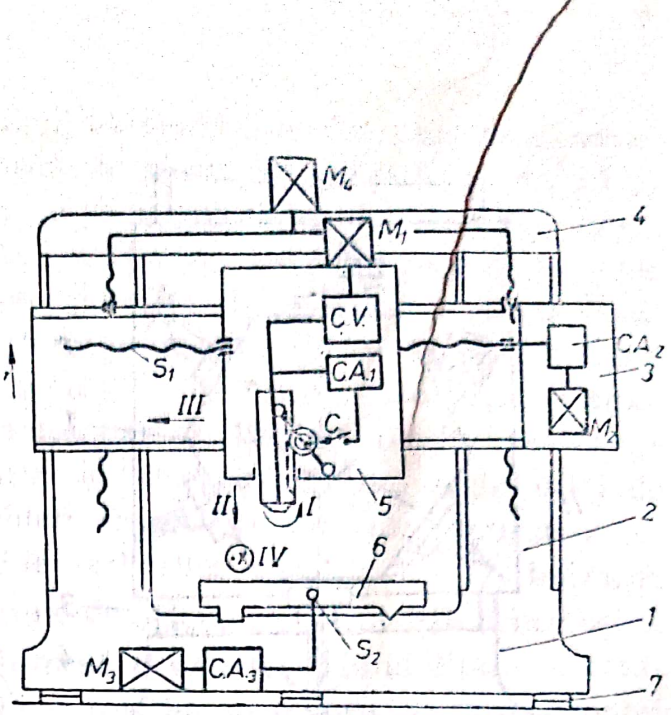


Fig. 6.8. Construcţia şi cinematica maşinii de găurit în coordonate cu doi montanţi.

Maşina de găurit în coordonate cu un montant (fig. 6.7) este compusă dintr-un batiu *1*, pe care este dispus un montant *2*, prevăzut cu ghidajele verticale ale capului de găurit *3*. Pe batiul *1* se deplasează în coordonate rectangulare săniile longitudinală *4* şi transversală *5*. Structura cinematică principială a capului de găurit este similară maşinilor de găurit prezentate anterior, însă, precizia elementelor componente şi rigiditatea acestora este mult mai mare. Contragreutăţile *6* echilibrează greutatea capului de găurit, micşorînd puterea necesară acţionării lui în mişcarea *V* şi mărind precizia poziţionării acestuia. Deplasările rapide de poziţionare ale săniilor *4* şi *5* le furnizează motorul electric M_2 prin mecanismele şurub-piuliţă S_1 şi S_2.

Arhitectura şi cinematica principială a unei maşini de găurit în coordonate cu doi montanţi sînt prezentate în figura 6.8. Pe batiul *1* sînt dispuşi montanţii *2*, solidarizaţi la partea superioară cu traversa fixă *4*. Pe ghidajele montanţilor se deplasează traversa mobilă *3*, pe care se află capul de găurit *5*. Deplasările în coordonate rectangulare le realizează masa *6* pe batiul maşinii, după una dintre axe (mişcarea *IV*) şi capul de găurit pe traversa mobilă a maşinii, după cealaltă axă (mişcarea *III*). Acţionarea sculei în mişcarea principală *I* şi de avans *II* se face similar ca şi la celelalte maşini de găurit. Întrucît aceste maşini execută şi operaţii de frezare, mişcările *III* şi *IV* sînt acţionate şi de lanţuri cinematice de avans, antrenate de motoarele electrice M_2 respectiv M_3, reglate prin cutiile de avansuri CA_2 şi CA_3 şi efectuate de mecanismele şurub-piuliţă S_1 respectiv S_2. Poziţionarea în mişcarea *V* a travesei mobile o realizează motorul electric M_4 prin două mecanisme şurub piuliţă.

La unele maşini de găurit în coordonate pe masa maşinii este dispusă o sanie circulară, care se poate poziţiona unghiular, foarte precis, asigurînd prelucrarea în coordonate polare.

Măsurarea cotelor de deplasare ale organelor de lucru ale acestor maşini, după axele de coordonate, se poate efectua în trei moduri; cu şurub micrometric, cu cale şi comparator şi cu sisteme optice. Măsurarea coordonatei cu şurub micrometric constă în citirea deplasării organului acţionat (masa maşinii sau capul de găurit) printr-un mecanism şurub-piuliţă, pe tamburul

Scanned with OKEN Scanner

gradat al roții de mînă a șurubului, în dreptul unui vernier. Cu toată execuția îngrijită a șurubului, în condițiile măsurării deplasărilor micronice, acesta prezintă erori de pas. Pentru diminuarea erorilor de măsurare, abaterile de pas ale șurubului sînt compensate de o riglă de corecție, solidară cu organul acționat pe care palpează o rolă ce schimbă poziția vernierului tamburului gradat. Profilul riglei de corecție reprezintă diagrama la scară mărită a erorilor de pas ale șurubului micrometric pe lungimea acestuia.

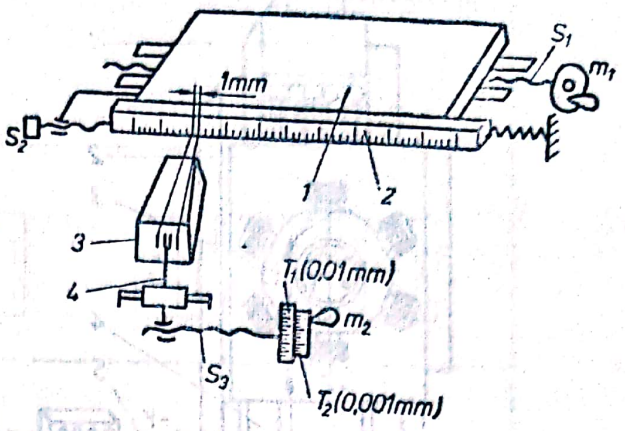


Fig. 6.9. Sistem optic de măsurare al deplasărilor în coordonate.

Măsurarea deplasărilor cu cale și comparator constă în cumularea a două citiri de cotă și anume cota deplasării grosiere de pe tamburul șurubului de acționare și cota micrometrică citită la un comparator, care palpează pe un set de cale plan-paralele, corespunzător alese.

În figura 6.9 este prezentat sistemul optic de măsurare al deplasărilor în coordonate al firmei S.I.P.-Hydroptic. De organul *1*, care efectuează deplasarea după o axă de coordonate, este solidarizată rigla foarte precis gradată în milimetri *2*. Printr-un sistem optic rizurile riglei *2* sînt proiectate la o scară mult mărită pe ecranul *3*. În fața ecranului se deplasează reperul *4*, acționat de roata de mînă m_2 și mecanismul șurub-piuliță S_3. Poziția de zero se reglează aducînd reperul *4* în dreptul unui riz de pe ecranul *3*. Numărul întreg de milimetri al cotei de poziționare se determină numărînd rizurile care trec prin dreptul reperului *4*, cînd organul de lucru al mașinii este acționat de roata de mînă m_1 și mecanismul șurub-piuliță S_1. Apoi cu roata de mînă m_2 și șurubul S_3 se deplasează reperul *4*, corespunzător numărului de sutimi de milimetru și microni al cotei de poziționare, numărul acestora citindu-se pe tamburele T_1 și T_2 ale roții de mînă m_2. Deplasarea organului de lucru la cota finală de poziționare se face cu roata de mînă m_1 și șurubul S_1 pînă cînd rizul de pe ecran ajunge din nou în dreptul reperului mobil *4*. Pentru compensarea erorii datorită dilatării termice, rigla gradată *2* își poate modifica poziția față de organul de lucru cu ajutorul șurubului S_2.

6.1.5. Programarea și reglarea mașinii de găurit cu comandă numerică GPR-45 NC

Mașina de găurit GPR—45 NC este dotată cu un echipament de comandă numerică, de poziționare și prelucrări axiale de tipul NUMEROM 321, avînd comandate 3 axe (X, Y, Z).

Mașina de găurit vertical GPR—45 este prevăzută cu masă de poziționare și cap revolver. Este destinată prelucrării precise a găurilor și alezajelor, precum și executării unor frezări ușoare la piese de dimensiuni mici și mijlocii.

Scanned with OKEN Scanner

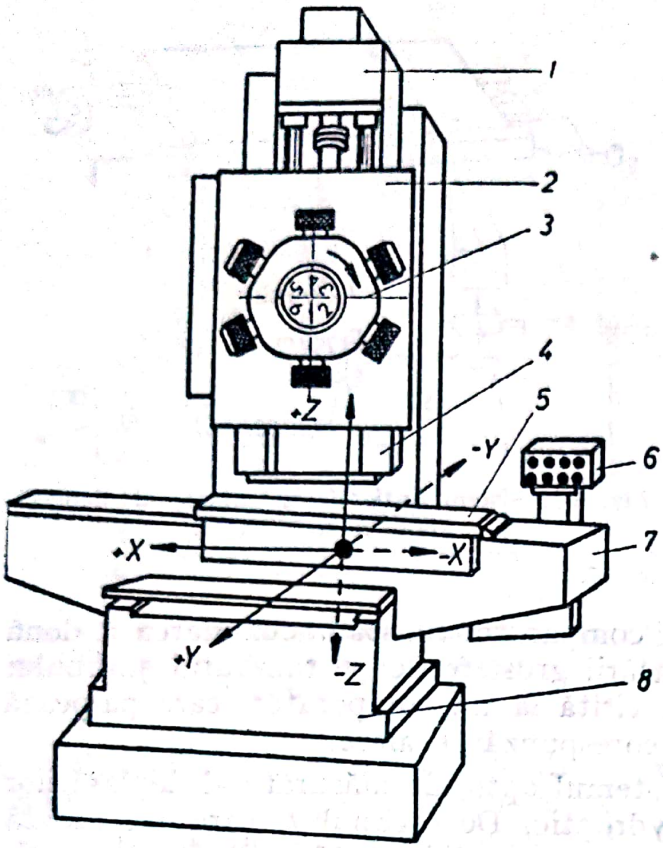


Fig. 6.10. Vederea de ansamblu a maşinii GPR-45 NC.

Maşina este construită cu un montant *1*, fixat la un capăt pe un batiu *8* (fig. 6.10). Pe montant se poate deplasa păpuşa *2* fixată în consolă. Pe ghidajele batiului se deplasează sania longitudinală *7*, iar pe ghidajele acesteia masa maşinii *5*. Păpuşa este prevăzută cu un cap revolver *3*, cu şase posturi de lucru. Mişcarea de rotaţie a arborilor principali este furnizată de cutia de viteze, amplasată în păpuşă, capabilă să realizeze 12 trepte de turaţie.

Obţinerea vitezelor de lucru ale diferitelor organe mobile ale maşinii se realizează de la o cutie de avansuri, amplasată în batiu, acţionată de un motor de curent continuu între limitele 3 ... 3000 rot/min.

Programarea prelucrării pe acest tip de maşină a fost indicată în § 4.3.1.

Pentru a obţine o exploatare corespunzătoare a maşinii o atenţie deosebită trebuie acordată omologării programului.

În cadrul omologării programului se urmăreşte stabilirea valorii corecţiilor de lungime, a corectitudinii fazelor de prelucrare şi a verificării parametrilor tehnologici sub aspectul comportării sculelor şi a performanţelor dinamice ale maşinii.

Pentru omologarea programului trebuie îndeplinite o succesiune de faze necesare pregătirii pentru lucru a maşinii.

Aceste faze se referă la partea convenţională de acţionare şi la echipamentul de comandă numerică.

Deşi maşina poate funcţiona atît în regim de comandă convenţională cît şi numerică, în cele ce urmează se va acorda o atenţie sporită fazelor de pregătire, în vederea prelucrării, a echipamentului numeric.

Prin operaţiile referitoare la acţionarea convenţională de pe panoul de comandă *6* (fig. 6.10), se realizează următoarele funcţii:

— punerea sub tensiune a întrerupătorului general;

— pornirea instalaţiei hidraulice;

— alimentarea variatorului de acţionare după atingerea presiunii de lucru din sistemul hidraulic;

— conectarea funcţionării în regim de comandă numerică. Principalele operaţii ce trebuie executate pentru pregătirea echipamentului numeric sînt: pornirea echipamentului, sincronizarea sistemului de măsurare, pregătirea piesei, memorarea deplasărilor de origine, introducerea valorii corecţiilor, a benzii perforate şi executarea programului.

Scanned with OKEN Scanner

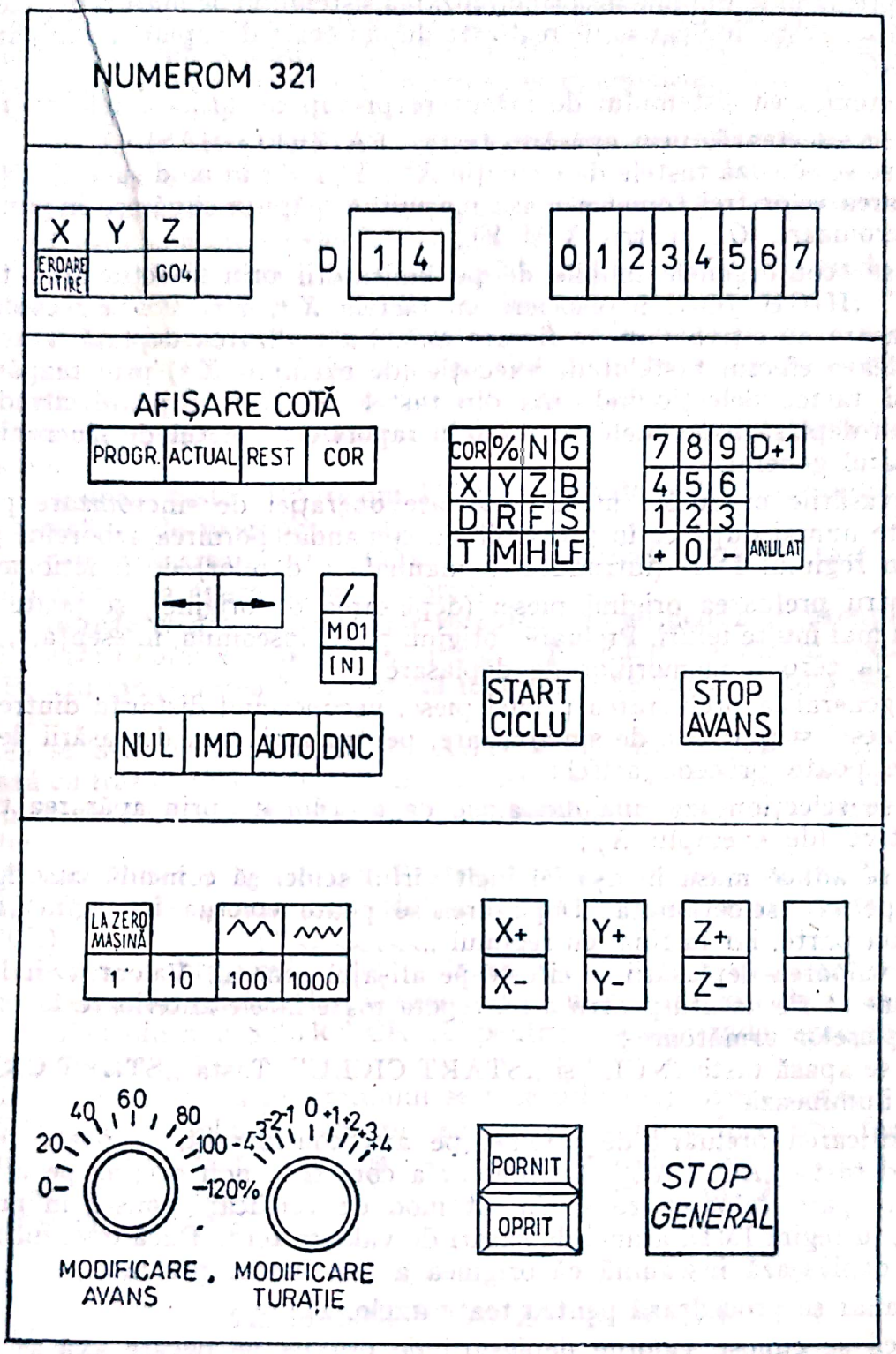


Fig. 6.11. Panoul operatorului pentru NUMEROM 321.

1. Pornirea echipamentului. Se apasă tasta PORNIT (fig. 6.11) și se menține apăsată cîteva secunde. Iluminarea tastei indică faptul că echipamentul este alimentat corect.

2. Pregătirea piesei și memorarea deplasărilor de origine. După alinierea piesei față de axele de coordonate X și Y se procedează la efectuarea (activarea) deplasării de origine.

Scanned with OKEN Scanner

În prealabil se impune însă sincronizarea sistemului de măsurare. Această sincronizare este indicat să fie realizată după fiecare decuplare a echipamentului *NC*.

Sincronizarea sistemului de măsurare presupune următoarele operații:

— se selectează, prin apăsare, tasta „LA ZERO MASINA";

— se selectează tastele de execuție X^-, Y^-, Z^+ în mod succesiv. După executarea celor trei comenzi masa mașinii, și păpușa se găsesc în punctele de sincronizare (O_M pentru X și Y);

— se scot organele mobile de pe limitatorii prin selecționarea tastei „^^^" (HIGH JOG) în asociere cu tastele X^+, Y^+, Z^-. Se recomandă o deplasare de cîțiva mm pe fiecare axă. La realizarea deplasării impuse se anulează efectul tastelor de execuție (de exemplu X^+) prin reapăsarea aceleași taste. Selecționînd una din tastele X, Y, Z se poate citi direct valoarea deplasării organelor mobile, în raport cu punctul de sincronizare, pe afișajul general.

Deplasările organelor mobile asociate operației de sincronizare pot fi realizate numai după ce în prealabil s-a comandat pornirea arborelui principal în regimul IMD (introducerea manuală a datelor) de funcționare.

Pentru preluarea originii piesei (deplasarea de origine), se poate proceda în mai multe feluri. Preluarea originii piesei înseamnă, în esență, „aducerea" la zero a memoriilor de deplasare.

În general la prelucrarea primei piese, necunoscînd distanța dintre originea piesei și punctele de sincronizare, pentru activarea deplasării de origine se poate proceda astfel:

— se selecționează una din axele de coordonate prin apăsarea tastei respective (de exemplu X);

— se aduce masa în așa fel încît vîrful sculei să coincidă cu originea piesei pe axa selecționată. Deplasarea se poate efectua în regim „^^" în prima parte, iar în final cu regimul „^^^^^^^^";

— valoarea deplasării se citește pe afișajul general. Valoarea indicată este bine să fie notată pentru a nu repeta toate fazele anterioare la executarea pieselor următoare;

— se apasă tasta „NUL" și „START CICLU". Tasta „START CICLU" nu se ilumineză.

Verificarea preluării de origine, pe axa considerată, se poate realiza apăsînd tasta „ACTUAL". La preluarea corectă a noii origini pe afișajul general apare valoarea zero. Un alt mod de verificare constă în programarea, în regim IMD, a unei deplasări de valoare zero. Dacă organul mobil nu se deplasează înseamnă că originea a fost corect preluată.

Similar se procedează pentru toate axele.

Dacă se cunosc valorile deplasării de origine pe fiecare axă se poate proceda astfel:

— se selecționează ciclul de prelucrare în regim IMD;

— se pornește arborele principal (de exemplu prin apăsarea tastelor Sol, Mo3, START CICLU);

— se selecționează axa dorită;

— se programează valoarea deplasării (de exemplu $X + 255000$);

— se apasă „LF" și „START CICLU";

— după executarea comenzii se apasă tastele „NUL" și „START CICLU".

Scanned with OKEN Scanner

3. Introduccrea valorii corecţilor. Corecţiile de lungime a sculei se determină în modul indicat în § 4.3.1. Înainte de introducerea noilor valori a corecţiilor trebuie şterse din memoria echipamentului valorile existente:

— se selecţionează tasta IMD;

— se apasă tasta „PROG" şi „COR" din cadrul tastelor AFISARE COTA şi tastele de adresă;

— se apasă tasta „D+1" şi apoi „ANULARE". Rezultatul acestor operaţii este anularea valorii corecţiei D1;

— se apasă din nou „D+1" şi „ANULARE", ciclul repetîndu-se pînă la ştergerea completă a corecţiilor utilizate în program;

— după fiecare ciclu de ştergere se înscrie noua valoare a corecţiei cu semnul „+" sau „—". Noile valori sînt preluate de echipament în mod automat fără a fi necesară apăsarea vreunei taste.

După terminarea introducerii noilor corecţii se poate face verificarea acestora:

— se apasă tasta „D" (regim IMD) urmată de tastele care indică numărul corecţiei (de exemplu D14);

— prin apăsarea tastei „COR", de pe acelaşi grup de taste, pe afişajul general va apare valoarea corecţiei.

4. Introducerea benzii perforate în cititor. Se va acorda o atenţie deosebită aşezării corecte a benzii în cititor şi închiderii capacului acesteia.

Pentru manevrarea benzii există mai multe modalităţi. Una din acestea este:

— se selecţionează regimul „AUTOMAT" în conjuncţie cu regimul „frază cu frază" [N]. Prin apăsarea tastei „→" („←") banda se va deplasa cu o frază. Ciclul se repetă pînă cînd banda ajunge la începutul programului.

5. Executarea programului. Pentru aceasta se selecţionează regimul „AUTO" şi subregimul dorit (Mol, „/", sau [N] şi se apasă tasta START CICLU).

Selectarea subregimului [N] — frază cu frază — se utilizează de regulă, la testarea programului. După executarea instrucţiunilor din fiecare frază se va apăsa din nou START CICLU pentru a se comanda executarea frazei următoare.

Dacă întreruperea programului se face prin reapăsarea tastei „START CICLU" pentru reluarea acestuia se poate reveni la începutul frazei respective (apăsînd tastele [N] şi „←") sau terminînd fraza în regim IMD.

Oprirea deplasărilor fără întreruperea programului se obţine apăsînd tasta STOP AVANS.

6.2. MAŞINI DE ALEZAT ŞI FREZAT

6.2.1. Părţile componente principale şi cinematica maşinilor de alezat şi frezat

Maşinile de alezat şi frezat sînt destinate prelucrării prin operaţii de strunjire, frezare şi găurire a pieselor mari şi grele de tip carcasă, batiu, bloc, construcţii sudate de dimensiuni mari etc. Ponderea cea mai mare a operaţiilor executate pe aceste maşini o au operaţiile de strunjire interioară (alezare cu cuţitul), la piesele ce nu pot fi antrenate convenabil în mişcare de rotaţie şi operaţiile de frezare, fapt care a impus denumirea acestor maşini.

Scanned with OKEN Scanner

Datorită dificultăţilor de reglare ale acestor maşini, cu timpi auxiliari importanţi, maşinile de alezat şi frezat sînt destinate producţiei individuală sau de serie mică. Ele posedă un mare grad de universalitate, sub aspectul diversităţii operaţiilor de prelucrare, îmbinînd modurile de lucru ale strungurilor, maşinilor de frezat şi maşinilor de găurit.

Dimensiunea caracteristică a maşinilor de alezat şi frezat o constituie diametrul arborelui principal, valoarea acestuia fiind cuprinsă şi în simbolizarea maşinilor româneşti. În ţara noastră se fabrică următoarele tipuri de maşini de alezat şi frezat AF 85, AFD 100, AF 130, AFM 150, maşini produse de I.M.U.A. Bucureşti. Alte caracteristici dimensionale principale ale acestor maşini sînt: cursa axială a arborelui principal, cursa verticală a capului de alezat, diametrul platoului, cursa saniei tangenţiale de pe platou, dimensiunile mesei, cursa longitudinală şi transversală a mesei, conul alezajului arborelui principal.

După poziţia axei arborelui principal maşinile de alezat şi frezat pot fi orizontale şi verticale. Cele verticale au un grad de universalitate mai redus, astfel că, în cele ce urmează vor fi analizate doar maşinile de alezat şi frezat orizontale. Acestea sub aspect arhitectural pot fi cu montant fix sau cu montant deplasabil; cu sau fără stîlp de susţinere al pinolei barei de alezat; cu masă fixă, deplasabilă în plan orizontal, sau deplasabilă în plan orizontal şi vertical.

În figura 6.12 sînt prezentate părţile componente principale şi cinematica unei maşini de alezat şi frezat orizontale cu montant fix, stîlp de susţinere al pinolei şi masă deplasabilă în plan orizontal. Batiul *1* susţine montantul *2* şi stîlpul *10*. Pe ghidajele verticale ale montantului se deplasează capul de alezat *3*, prevăzut cu arborele principal *4* şi platoul *5*. Pe direcţie radială la platou se deplasează sania 6 numită şi desfăşurător. Masa maşinii, de care se fixează semifabricatul de prelucrat, este dispusă pe o sanie circulară *7*, o sanie transversală *8* şi o sanie longitudinală *9*.

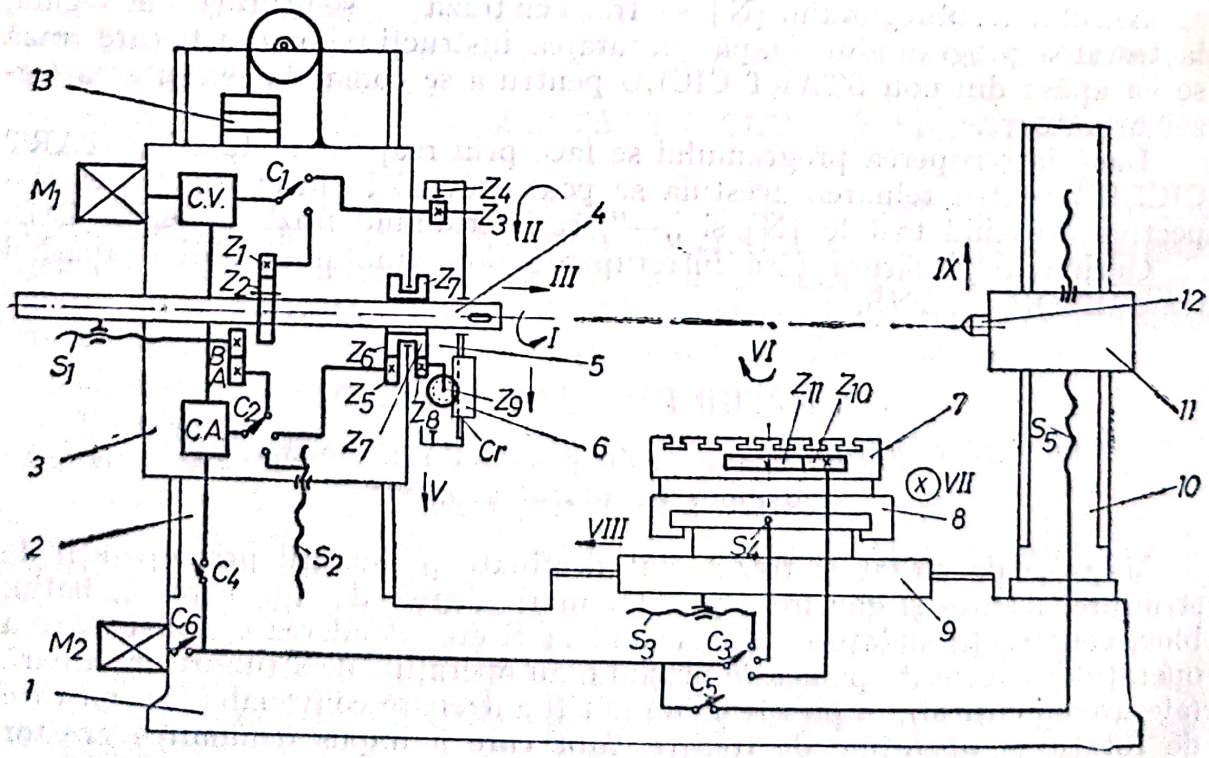


Fig. 6.12. Construcţia şi cinematica maşinilor de alezat şi frezat.

Pe ghidajele verticale ale stîlpului *10* se deplasează sania *11*, prevăzută cu pinola *12*. Echilibrarea capului de alezat *3* în mişcarea verticală pe ghidajele montantului *2* o realizează contragreutăţile *13*. Maşina dispune de două mişcări principale, una de rotaţie *I* a arborelui principal *4* şi cealaltă de rotaţie *II* a platoului *5*. Maşina execută un număr mare de mişcări de avans şi anume: avansul axial *III*, executat de arborele principal *4*, avansul radial *IV*, executat de desfăşurător, avansul vertical *V*, efectuat de capul de alezat *3*, avansul transversal *VII*, realizat de sania transversală a mesei maşinii şi avansul longitudinal *VIII*, realizat de sania longitudinală a mesei maşinii. Aceste mişcări de avans, la operaţiile de reglare ale maşinii pot fi şi mişcări de poziţionare. În afară de acestea, maşina mai dispune de mişcarea de poziţionare circulară *VI* a mesei *7* şi mişcarea de poziţionare verticală *IX* a saniei port-pinolă *11*.

Mişcările principale sînt acţionate de motorul electric M_1 şi reglate prin cutia de viteze *CV*. Comutatorul C_1 distribuie mişcarea fie la angrenajul $z_1 - z_2$, obţinîndu-se mişcarea principală *I*, executată de arborele principal, fie la angrenajul pinion z_3 — coroană dinţată cu dantură interioară z_4, obţinîndu-se mişcarea principală *II* de rotaţie a platoului.

Lanţul cinematic de avans este dependent de lanţul cinematic principal şi este reglat prin cutia de avansuri *CA*. Comutatorul C_2 distribuie mişcarea la mecanismul şurub-piuliţă S_1 pentru avansul axial *III* al arborelui principal, la mecanismul şurub-piuliţă S_2 pentru avansul vertical *V* al capului de alezat şi la angrenajele $z_5 - z_6$, $z_7 - z_8$ şi mecanismul pinion z_9 — cremalieră *Cr* pentru avansul radial *IV* al desfăşurătorului. Datorită mişcării de rotaţie *II* efectuată de platoul *5*, roata z_8 execută o mişcare de satelit în jurul roţii z_7. Ansamblul roţilor $z_5 \ldots z_8$ funcţionează ca un mecanism diferenţial, astfel că, mişcarea de avans *IV* a desfăşurătorului este furnizată ca o sumă între mişcarea de satelit a roţii z_8 şi mişcarea transmisă acesteia de roata z_7 de la cutia de avansuri *CA*.

Prin închiderea cuplajului C_4, cutia de avansuri furnizează mişcarea de avans şi săniilor *8* şi *9* ale mesei maşinii. Comutatorul C_3 distribuie această mişcare mecanismului şurub-piuliţă S_3 pentru avansul longitudinal *VIII*, sau mecanismului şurub-piuliţă S_4 pentru avansul transversal *VII*.

Pentru deplasările rapide de poziţionare este pus în funcţiune motorul electric M_2, care prin închiderea cuplajului C_6 şi deschiderea cuplajului C_4, realizează mişcarea de poziţionare circulară *VI*, transversală *VII* şi longitudinală *VIII* a mesei maşinii, sau închizîndu-se şi cuplajul C_5, prin mecanismul şurub-piuliţă S_5 se asigură poziţionarea verticală *IX* a saniei port-pinolă *11*.

6.2.2. Posibilităţile tehnologice şi reglarea maşinilor de alezat şi frezat

În figura 6.13 sînt prezentate principalele operaţii ce pot fi executate pe maşinile de alezat şi frezat orizontale. Mişcările efectuate de scule sau de semifabricat sînt numerotate la fel cu mişcările organelor de lucru ale maşinii-unelte prezentate în figura 6.12.

Strunjirea interioară (alezarea cu cuţitul, fig. 6.13, *a*) se realizează cu o bară de alezat antrenată în mişcarea principală *I* şi de avans *III*.

Scanned with OKEN Scanner

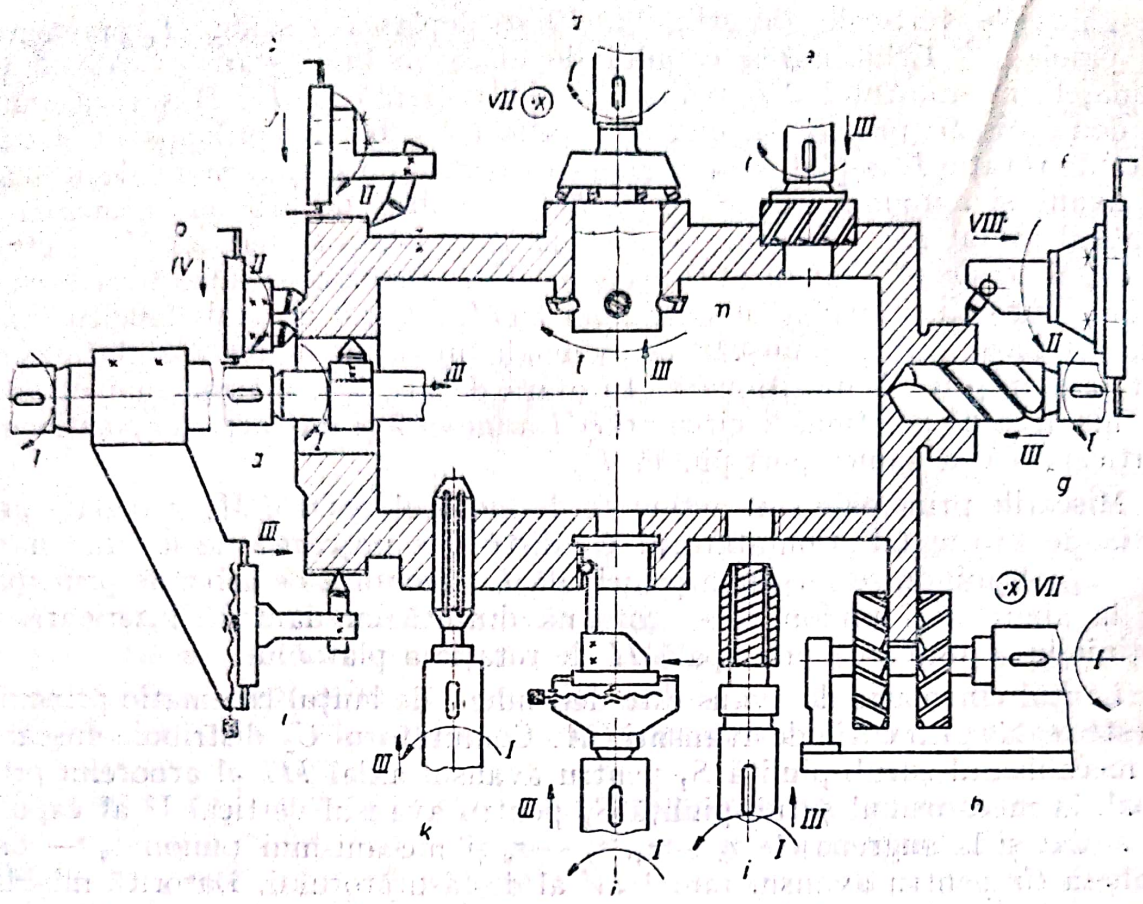


Fig. 6.13. Posibilităţi tehnologice ale maşinilor de alezat şi frezat.

Strunjirea frontală (fig. 6.13, *b* şi *c*) se efectuează cu cuţite de strung, fixate în sania radială a platoului, antrenate în mişcarea principală *II*, executată de platou, şi în mişcarea de avans radial *IV* a desfăşurătorului.

Operaţiile de frezare plană cu freze cilindrice, cilindro-frontale sau capete de frezat (fig. 6.13, *d* şi *h*), se obţin prin fixarea frezei în arborele principal al maşinii, antrenat în mişcarea *I*, iar mişcarea de avans, funcţie de forma şi poziţia suprafeţei prelucrate, poate fi executată fie de capul de alezat (mişcarea *V*), fie de săniile transversală sau longitudinală ale mesei maşinii (mişcările *VII* şi *VIII*).

Operaţiile de găurire, adîncire, alezare, lamare (fig. 6.11, *g*, *e*, *k*, *m*) se efectuează prin fixarea sculei în arborele principal, antrenat în mişcarea principală *I* şi în mişcarea de avans axial *III*.

Strunjirea cilindrică exterioară (fig. 6.13, *f*) se obţine cu cuţite, fixate în dispozitive pe desfăşurătorul platoului, antrenate în mişcarea principală *II*, iar semifabricatul, împreună cu sania longitudinală, efectuează mişcarea de avans *VIII*.

Operaţia de filetare se execută fie cu tarodul, fie cu cuţite de filetat. Filetarea interioară cu tarodul (fig. 6.13, *i*) constă în fixarea tarodului printr-un dispozitiv compensator de pas şi autodecuplabil în arborele principal al maşinii, fiind antrenat în mişcările *I* şi *III*. Filetarea interioară sau exterioară cu cuţitul (fig. 6.13, *j* şi *l*) se realizează utilizînd dispozitive speciale fixate în, sau pe arborele principal al maşinii, antrenate în mişcarea principală *I*. Dispozitivele dispun de o sanie care permite deplasarea radială a cuţitului pentru poziţionare şi obţinerea adîncimii de aşchiere. Mişcarea de avans *III* este furnizată cuţitului de filetat şi arborelui principal, fiind reglată de cutia de avansuri *CA* şi o liră cu roţi de schimb *A—B* (fig.

6.12). Lira cu roţi de schimb are rolul de a corecta avansul furnizat de cutia de avansuri, cînd acesta nu coincide cu pasul filetului de prelucrat.

La maşinile de alezat şi frezat trebuie luate măsuri speciale de protecţia muncii datorită specificului prelucrării pe aceste maşini. Astfel, sculele sau dispozitivele, fixate excentric pe platoul maşinii, în sania radială, pentru operaţii de strunjire plană, exterioară sau filetare, fiind antrenate în mişcare de rotaţie, pot accidenta operatorul dacă acesta nu se găseşte în afara razei lor de acţiune.

7
MAŞINI DE FREZAT

Prelucrarea suprafeţelor prin frezare se realizează în majoritatea cazurilor prin asocierea mişcării principale de rotaţie a sculei — freza — cu o mişcare secundară de avans, pe care o execută fie piesa, fie scula, în funcţie de construcţia şi cinematica maşinii de frezat.

Varietatea procedeelor de prelucrare prin frezare, multiplele posibilităţi pe care le oferă, productivitatea ridicată fac ca frezarea să reprezinte, după strunjire, procedeul de cea mai largă răspîndire în prelucrarea metalelor prin aşchiere.

Generatoarea suprafeţelor frezate este materializată prin profilul sculelor, directoarea fiind determinată de direcţia de deplasare a sculei sau a piesei în cadrul mişcării de avans. La unele operaţii de frezare executate pe maşini specializate (de exemplu la frezări cu freze melc), prelucrarea se realizează cu generatoare cinematică, profilul piesei fiind obţinut prin rulare. În sfîrşit, la frezarea unor suprafeţe de profil complex se apelează la generatoarea programată. Programul poate fi imprimat pe un portprogram (şablon sau model) sau poate fi de tip codificat, imprimat pe bandă perforată sau magnetică.

Dinţii frezelor participă periodic şi pentru un timp limitat la procesul de aşchiere, ridicînd aşchii de grosime variabilă.r Discontinuitatea contactului dintre dinţii frezelor şi piesă face ca solicita ea termică a sculelor să fie mai redusă, ceea ce sporeşte durabilitatea acestora şi dă posibilitatea utilizării unor regimuri de lucru intensive. Pe de altă parte, însă, aşchierea discontinuă şi neuniformitatea grosimii aşchiei determină variaţii pronunţate ale solicitărilor. În consecinţă se impune dimensionarea organelor de transmitere a mişcărilor corespunzător dinamicii procesului de aşchiere, precum şi luarea unor măsuri de uniformizare a turaţiei sculei şi de diminuare a fenomenelor vibratorii generate în cursul prelucrării.

În funcţie de caracteristicile constructive, cinematice şi tehnologice, maşinile de frezat pot fi clasificate după cum urmează:

1. Maşini de frezat cu consolă (masă de înălţime variabilă); în această categorie sînt cuprinse următoarele tipuri de maşini:

a) Maşini de frezat universale (orizontale) cu consolă;

b) Maşini de frezat verticale cu consolă;

c) Maşini de frezat cu cap revolver şi consolă;

d) Maşini de frezat pentru scularie.

2. Maşini de frezat cu batiu (masă de înălţime fixă), categorie care cuprinde:

a) Maşini de frezat cu batiu cu masă deplasabilă în două direcţii (în cruce);

Scanned with OKEN Scanner

b) Maşini de frezat longitudinal cu un montant sau doi montanţi;

c) Maşini de frezat longitudinal cu un montant sau doi montanţi mobili şi masă fixă.

3. Maşini de frezat specializate. Sînt cuprinse în această categorie maşinile de frezat cu masă circulară, maşinile de frezat prin copiere în plan şi în spaţiu, maşinile de frezat canale, cele de frezat caneluri, maşinile de frezat filete, cele de gravat prin frezare (pantografice), precum şi maşinile speciale destinate frezării camelor, burghielor spirale etc.

Nu sînt cuprinse în clasificarea de mai sus maşinile de frezat roţi dinţate, care, după cum rezultă şi din lucrarea de faţă, constituie o categorie aparte de maşini.

Clasificări ale maşinilor de frezat pot fi efectuate şi în funcţie de principiul de comandă, de gradul de precizie, de dimensiuni şi greutate etc.

7.1. MAŞINI DE FREZAT UNIVERSALE

Maşinile de frezat universale au o largă răspîndire, fiind utilizate atît în producţia de unicate, cît şi în aceea de serie la prelucrarea pieselor de dimensiuni mici şi mijlocii. Pe aceste maşini se frezează suprafeţe plane orizontale, verticale sau înclinate, suprafeţe profilate, canale drepte sau elicoidale, găuri rotunde sau alungite etc. (fig. 7.1).

Caracterul universal al acestor maşini de frezat este imprimat de posibilităţile tehnologice multiple rezultate din dotarea lor cu cap de frezare vertical şi cu o serie de dispozitive auxiliare (cap divizor, masă rotativă, menghină înclinabilă ş.a.), precum şi de unele particularităţi constructive care permit, de exemplu, pivotarea mesei în plan orizontal.

Construcţia şi cinematica maşinilor de frezat universale pot fi urmărite în schema din figura 7.2.

Montantul (batiul) *Mt* al maşinii, fixat pe o placă de bază *Pb*, susţine pe ghidajele verticale din partea sa anterioară consola *C*. Consola este prevăzută în partea superioară cu ghidaje pe care glisează sania transversală *St*. Masa *M* a maşinii se deplasează pe ghidajele unei plăci orientabile *Po* montată pe sania transversală.

Freza *S* se montează fie direct în conul arborelui principal *Ap*, fie pe un dorn portfreză care poate fi sprijinit suplimentar în suportul exterior

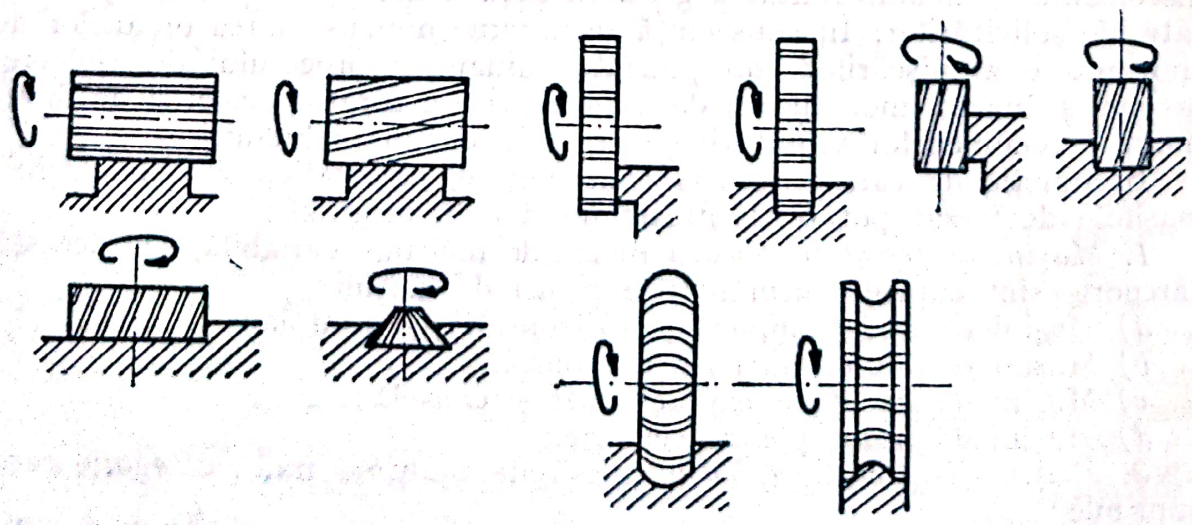


Fig. 7.1. Operaţii de frezare.

Scanned with OKEN Scanner

Se şi în suportul intermediar *Si* de pe braţul suport *Bs* plasat pe ghidaje în partea superioară a batiului.

Caracteristica de bază a maşinilor de frezat cu consolă este lăţimea suprafeţei de lucru a mesei, valorile standardizate ale acestui parametru pentru maşinile produse în ţara noastră fiind de 250, 320 şi 360 mm.

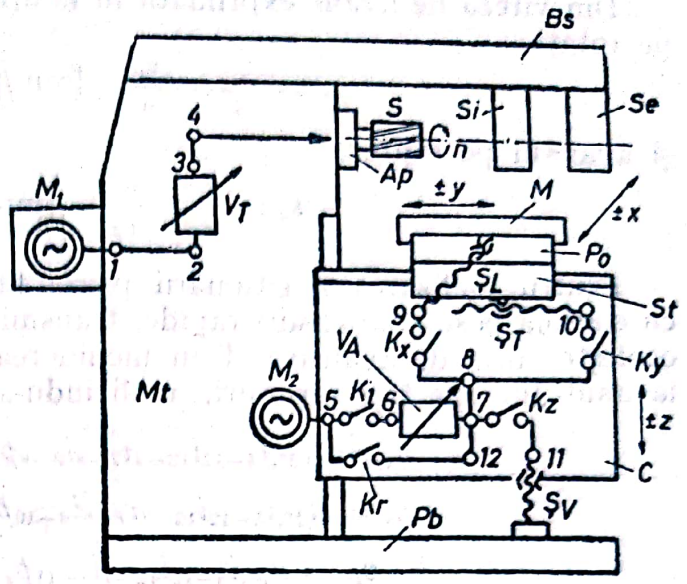


Fig. 7.2. Construcţia şi schema cinematică structurală a unei maşini de frezat universale.

Varietatea mare a prelucrărilor pe maşinile de frezat cu consolă universale face ca domeniul de reglare a turaţiilor să fie relativ extins ($R_n = 25 \div 100$), cuprinzînd $8 \div 24$ trepte de turaţii etajate în serie geometrică cu raţia $\varphi = 1{,}18 \div 1{,}4$ şi cu valorile cuprinse între 25 şi 2000 rot/min. Avansurile de lucru sînt etajate de asemenea în serie geometrică cu $12 \div 32$ trepte în domeniul 10—1000 mm/min, raţia seriei avansurilor fiind de obicei aceeaşi cu aceea a turaţiilor.

Mişcarea principală de rotaţie a frezei este acţionată de la motorul principal M_1, printr-un variator de turaţii (cutie de viteze) V_T. Turaţia sculei se exprimă prin relaţia:

$$n = n_{M_1} i_{1-2} i_{V_T} i_{3-4} = C_V i_{V_T} \qquad \text{[rot/min]}, \tag{7.1}$$

unde C_v este constanta lanţului cinematic principal.

Turaţia se determină în funcţie de viteza economică de aşchiere v_e corespunzătoare condiţiilor de lucru:

$$n = \frac{1000\, v_e}{\pi D_s} \quad \text{[rot/min]}, \tag{7.2}$$

unde D_s este diametrul frezei.

Avansurile sînt acţionate de la motorul M_2, de la care mişcarea se transmite prin variatorul (cutia) de avansuri V_A la unul din şuruburile $Ş_L$ (pentru avansul longitudinal al mesei), $Ş_T$ (pentru avansul transversal al saniei transversale) sau $Ş_V$ (pentru avansul vertical al consolei), deplasarea piesei pe una din cele trei direcţii fiind comandată prin închiderea cuplajului K_1 şi a unuia din cuplajele K_x, K_y sau K_z.

Vitezele de avans se exprimă prin relaţiile:

$$\begin{aligned} v_{sx} &= n_{M_2} i_{5-6} i_{V_A} i_{7-8} i_{8-9} p_x \quad \text{[mm/min]}; \\ v_{sy} &= n_{M_2} i_{5-6} i_{V_A} i_{7-8} i_{8-10} p_y \quad \text{[mm/min]}; \\ v_{sz} &= n_{M_2} i_{5-6} i_{V_A} i_{7-11} p_z \quad \text{[mm/min]}, \end{aligned} \tag{7.3}$$

în care p_x, p_y şi p_z reprezintă pasul celor trei şuruburi conducătoare.

Scanned with OKEN Scanner

Din viteza de avans exprimată în mm/min se poate determina avansul pe rotaţie:

$$s = \frac{v_s}{n} \quad [\text{mm/rot}] \tag{7.4}$$

şi avansul pe dinte:

$$s_z = \frac{s}{z} = \frac{v_s}{nz} \quad [\text{mm/dinte}]. \tag{7.5}$$

Pentru realizarea poziţionării piesei faţă de sculă, maşinile de frezat cu consolă posedă avansuri rapide, transmise printr-un lanţ cinematic care ocoleşte cutia de avansuri. Prin închiderea cuplajului K, mişcarea ajunge la unul din cele trei şuruburi, realizîndu-se vitezele de deplasare rapidă:

$$\begin{aligned} v_{xr} &= n_{M_1} i_{5-12} i_{12-7} i_{7-8} i_{8-9} p_x \quad [\text{mm/min}]; \\ v_{yr} &= n_{M_1} i_{5-12} i_{12-7} i_{7-8} i_{8-10} p_y \quad [\text{mm/min}]; \\ v_{zr} &= n_{M_1} i_{5-12} i_{12-7} i_{7-11} p_z \quad [\text{mm/min}]. \end{aligned} \tag{7.6}$$

Acţionarea şuruburilor conducătoare în vederea poziţionării piesei faţă de sculă se poate realiza şi manual, cu ajutorul unor roţi de mînă.

În figura 7.3 se prezintă cinematica maşinii de frezat universale FU—1. Această maşină se caracterizează printr-o productivitate ridicată şi printr-o

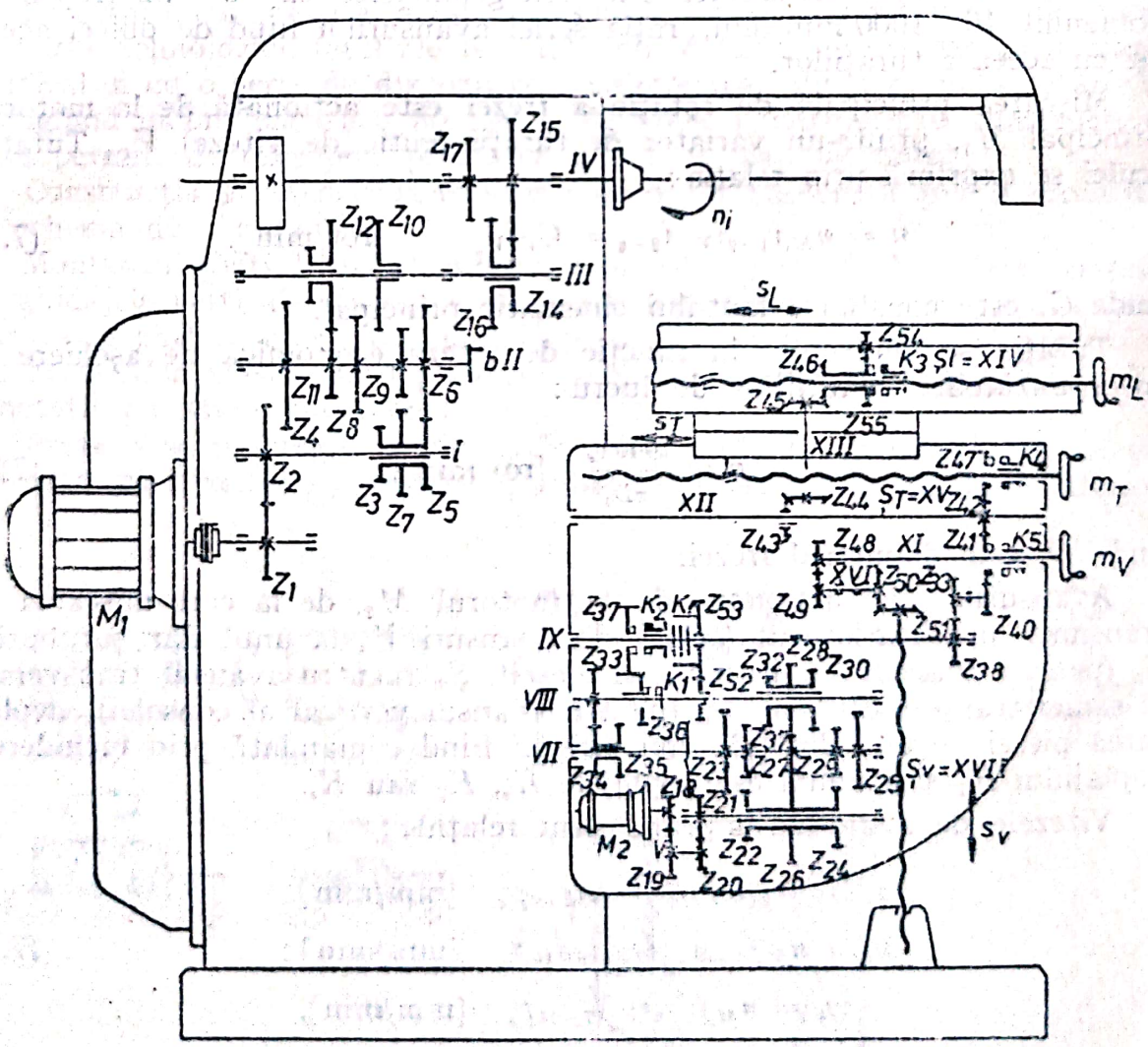


Fig. 7.3. Schema cinematică a maşinii de frezat universale FU-1.

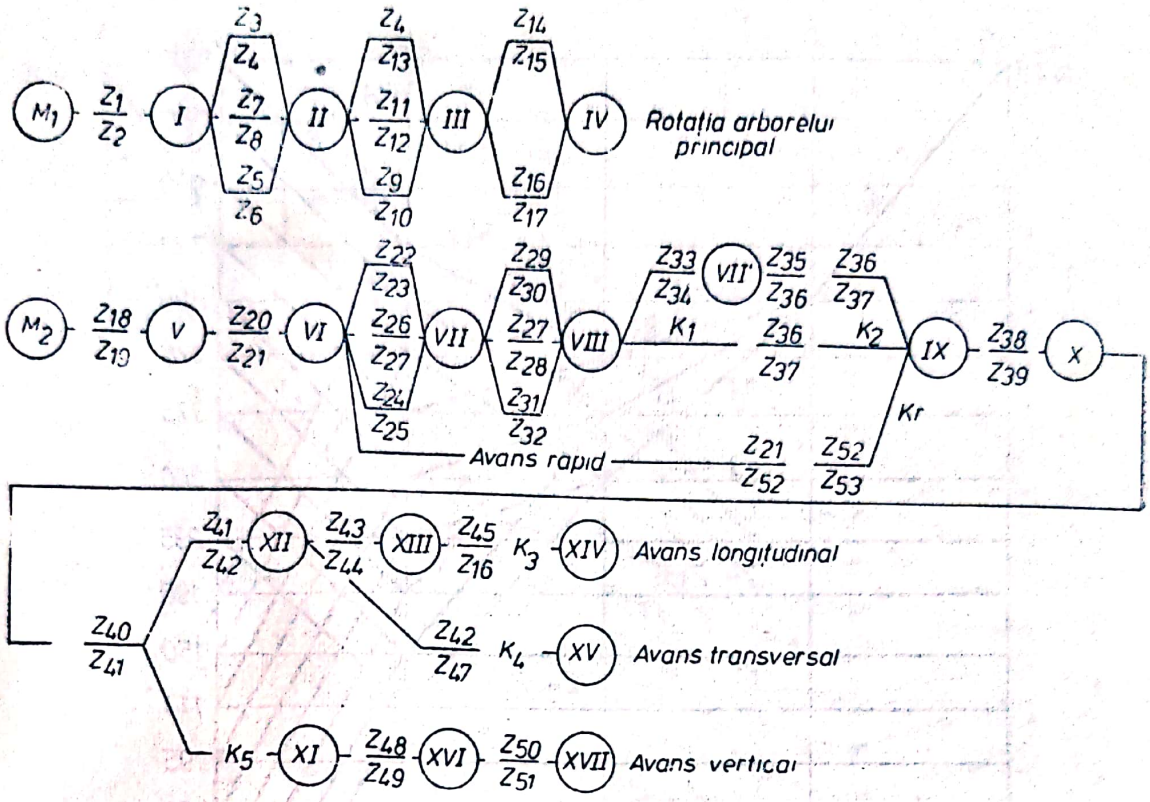


Fig. 7.4. Schema distribuției mișcărilor la mașina FU-1.

bună manevrabilitate, asigurată prin soluții constructive judicioase ca dublarea comenzilor (prin butoane și manete plasate în fața mașinii și lateral), schimbarea turațiilor și avansurilor prin mecanisme selectoare, frînarea arborelui principal prin contracurent (inversarea a două faze la motorul electric de acționare) cu utilizarea unui releu de viteză ș.a. Mașina permite, de asemenea, prelucrarea în ciclu automat, cu comenzi date prin limitatoare de cursă.

Modul de transmitere a mișcărilor poate fi urmărit în schema din figura 7.4.

Turațiile arborelui principal sînt structurate în serie geometrică cu rația $\varphi = 1{,}25$, conform ecuației structurale $18 = 3_1 3_3 2_9$ (v. diagrama de turații din figura 7.5).

Deplasările piesei pe cele trei direcții se transmit printr-o cutie de avansuri cu structura $18 = 3_3 3_1 (1 + 1)_9$ și rația $\varphi = 1{,}25$ de la care mișcarea se distribuie la șuruburile conducătoare. Diagrama avansurilor longitudinale este prezentată în figura 7.6.

7.2. MAȘINI DE FREZAT CU BATIU VERTICAL

Mașinile de frezat cu batiu vertical sînt destinate prelucrării pieselor de dimensiuni și greutăți mijlocii și mari. În comparație cu mașinile de frezat cu consolă, aceste mașini au nu numai dimensiuni mai mari, dar și o putere instalată mai mare și o construcție mai robustă, favorabilă utilizării unor regimuri de așchiere intensive.

Scanned with OKEN Scanner

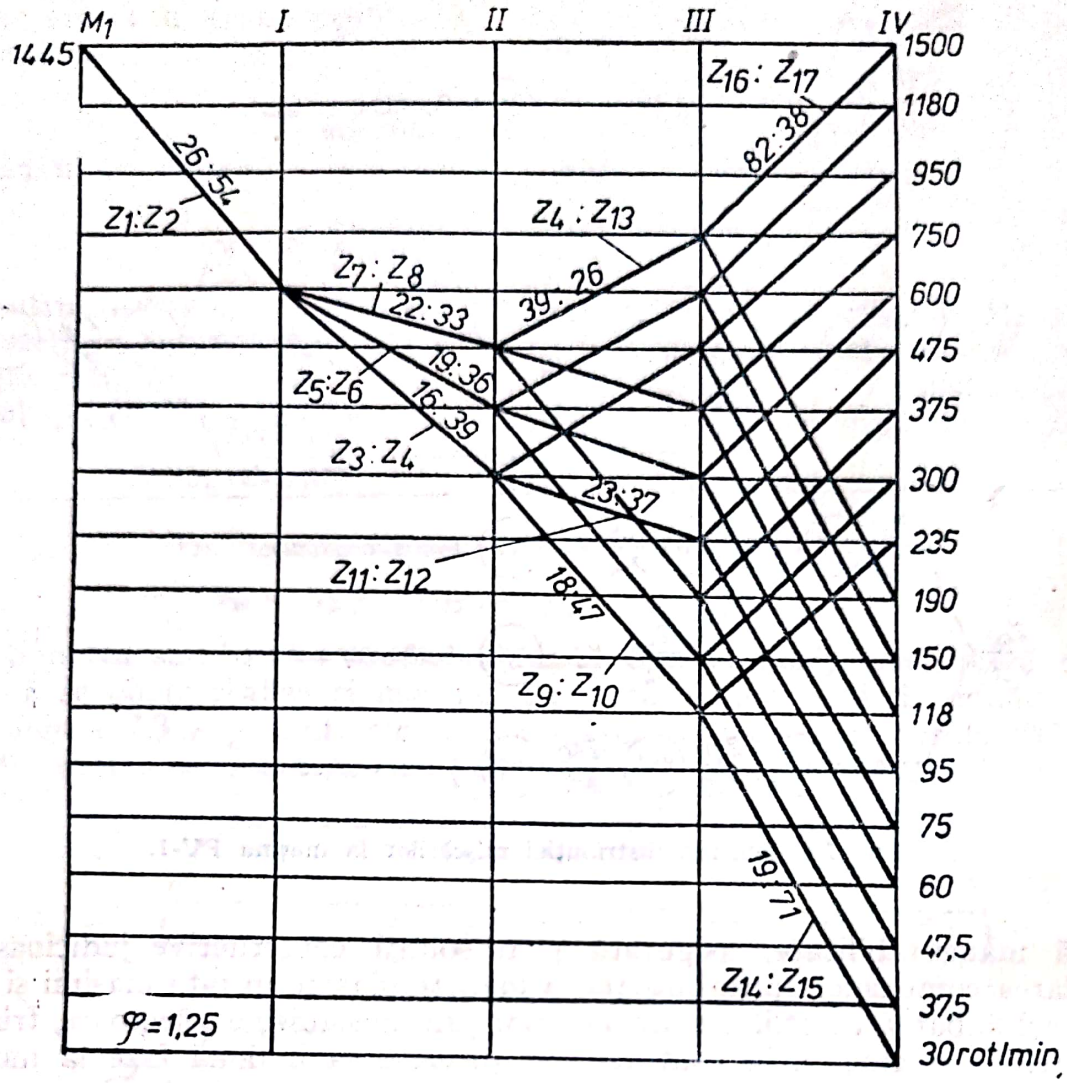


Fig. 7.5. Diagrama turaţiilor maşinii FU-1.

Prin utilizarea unor subansamble tipizate, în construcţia acestor maşini s-a ajuns la o largă varietate, în condiţiile unei eficienţe economice ridicate a proiectării şi realizării utilajelor.

În cadrul categoriei maşinilor de frezat cu batiu vertical, o răspîndire mai largă o au maşinile cu masă deplasabilă în două direcţii şi maşinile de frezat longitudinal.

7.2.1. Maşini de frezat cu batiu cu masă deplasabilă în două direcţii

Sînt dotate cu un singur cap de frezare, avînd arborele principal orizontal (fig. 7.7, *a*) sau vertical (fig. 7.7, *b*).

Capul de frezare (unitatea de lucru) *Cf* este plasat pe ghidajele verticale ale montantului *Mt*, deplasarea sa pe această direcţie fiind utilizată în vederea poziţionării sau ca mişcare de lucru.

Pe batiul *B* se deplasează sania transversală *St*, care susţine la rîndul ei, pe ghidaje longitudinale, masa *M* a maşinii.

Mişcarea principală de rotaţie a sculei este acţionată de motorul M_1 şi transmisă arborelui principal *Ap* prin intermediul unui variator de turaţii

Scanned with OKEN Scanner

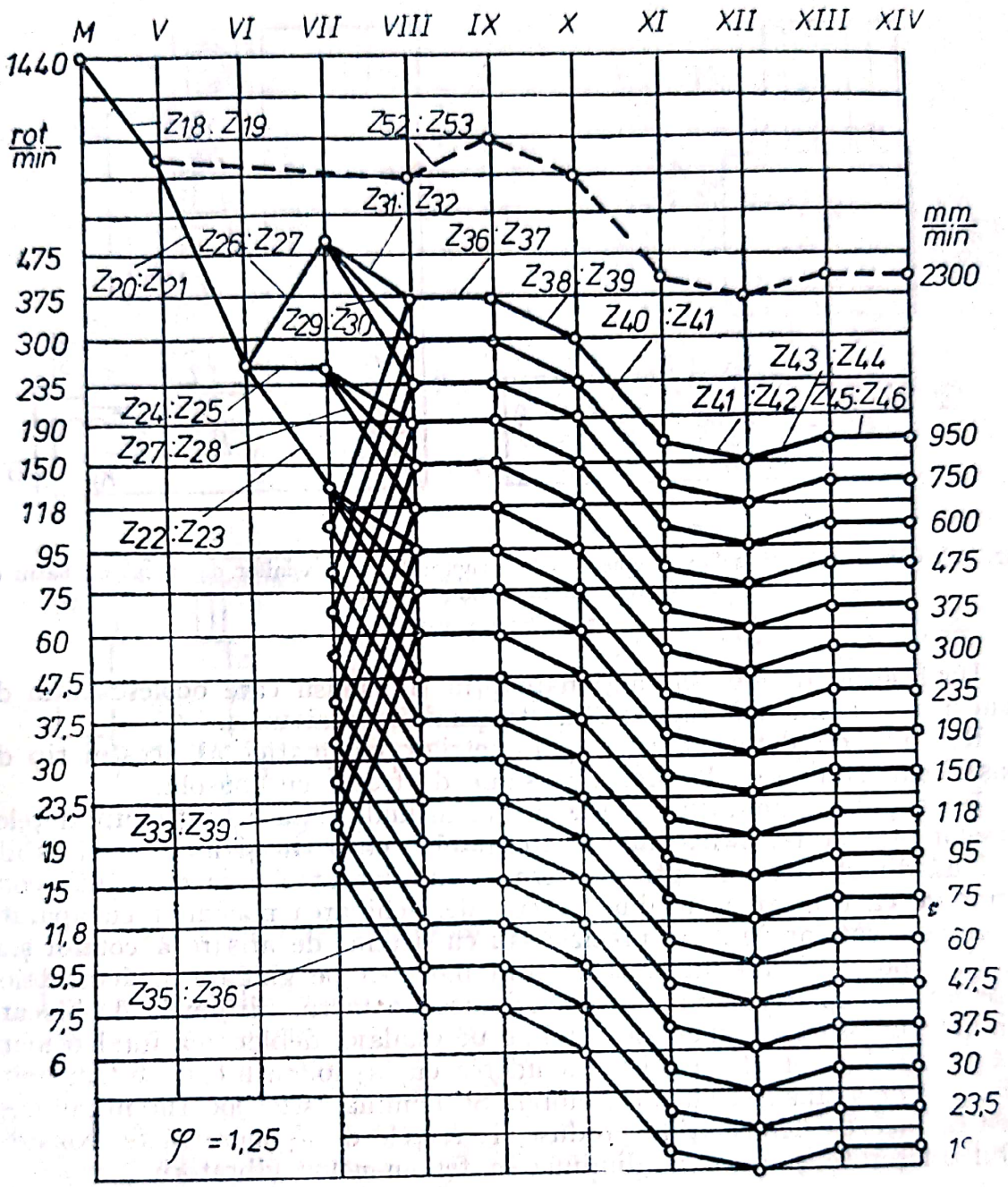


Fig. 7.6. Diagrama avansurilor mașinii FU-1.

(cutie de viteze) cu grupuri baladoare sau cu roți de schimb și grupuri baladoare.

Avansul piesei montate pe masa mașinii pe direcție longitudinală și transversală, precum și avansul vertical al capului de frezare au ca sursă de acționare motorul M_2, de la care, prin variatorul de avansuri V_A mișcarea se transmite la șuruburile S_x, S_y și S_z.

La unele construcții de mașini de frezat cu batiu cu masă deplasabilă în două direcții, avansurile sînt continuu reglabile, pentru acționarea lanțurilor cinematice de avans fiind utilizate motoare electrice de curent continuu. Continuitatea reglajului avansurilor poate fi obținută și prin intercalarea în lanțul cinematic al avansurilor a unor variatoare continue mecanice sau prin utilizarea unor sisteme de acționare hidrostatică.

Scanned with OKEN Scanner

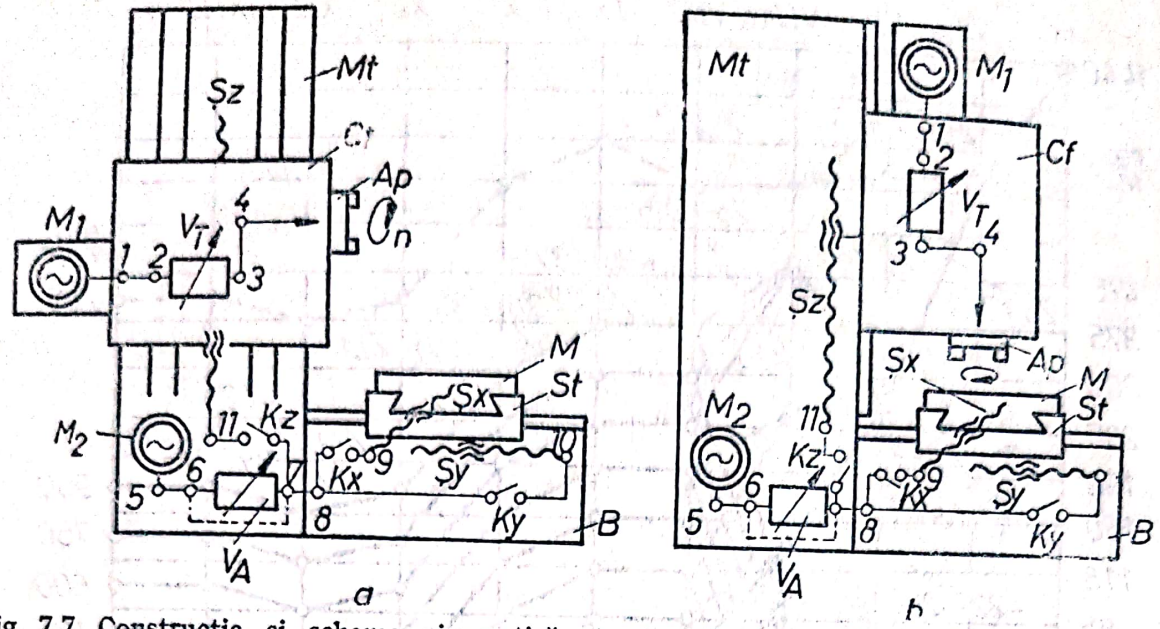


Fig. 7.7. Construcţia şi schema cinematică structurală a maşinilor de frezat cu batiu cu masă deplasabilă în două direcţii:
a — orizontale; *b* — verticale.

Deplasările rapide sînt acţionate prin transmisii care ocolesc cutia de avansuri şi realizează rapoarte de transmitere mai mari.

Relaţiile de determinare a parametrilor cinematici ai acestui tip de maşini sînt similare celor de la maşinile de frezat cu consolă.

În scopul îmbunătăţirii preciziei dimensiunilor şi a calităţii suprafeţelor pieselor prelucrate, la maşinile de frezat plan cu batiu şi masă deplasabilă în două direcţii de concepţie modernă s-au adoptat o serie de soluţii constructive ca utilizarea şuruburilor cu bile, echiparea maşinilor cu aparate de citire a cotelor de mare precizie sau cu sisteme de afişare a cotelor ş.a. Precizia poate fi îmbunătăţită şi prin blocarea pe ghidaje a elementelor care nu se deplasează în cursul unei faze de lucru. Sistemele de blocare asigură rigidizarea elementelor mobile pe ghidaje, deblocarea fiind comandată în mod automat numai la închiderea cuplajelor prin care se transmite mişcarea de avans la elementul mobil. Se elimină astfel jocurile în ghidaje, ceea ce face ca deformaţiile produse de forţele de aşchiere să fie considerabil micşorate şi duce la diminuarea fenomenelor vibratorii.

7.2.2. Maşini de frezat longitudinal cu masă mobilă

Sînt destinate executării unor operaţii de frezare plană şi profilată la piese de dimensiuni mari. Masa acestor maşini nu are decît mişcarea de avans longitudinal. Construcţia deosebit de rigidă a maşinilor de frezat longitudinal permite utilizarea unor regimuri intensive, piesele fiind de obicei complet prelucrate dintr-o singură trecere. Varietatea constructivă a acestor maşini se obţine pe seama montării în diferite variante a unor componente tipizate.

După cum rezultă şi din schemele din figura 7.8, maşinile de frezat longitudinal pot fi construite cu un montant sau cu doi montanţi. Capetele de frezare *Cf* se deplasează pe ghidajele montanţilor sau ale unei traverse mobile *Tm* susţinută pe ghidajele montanţilor. Ele se blochează în timpul prelucrării în poziţii fixe, cu arborele principal orizontal, vertical sau înclinat.

Scanned with OKEN Scanner

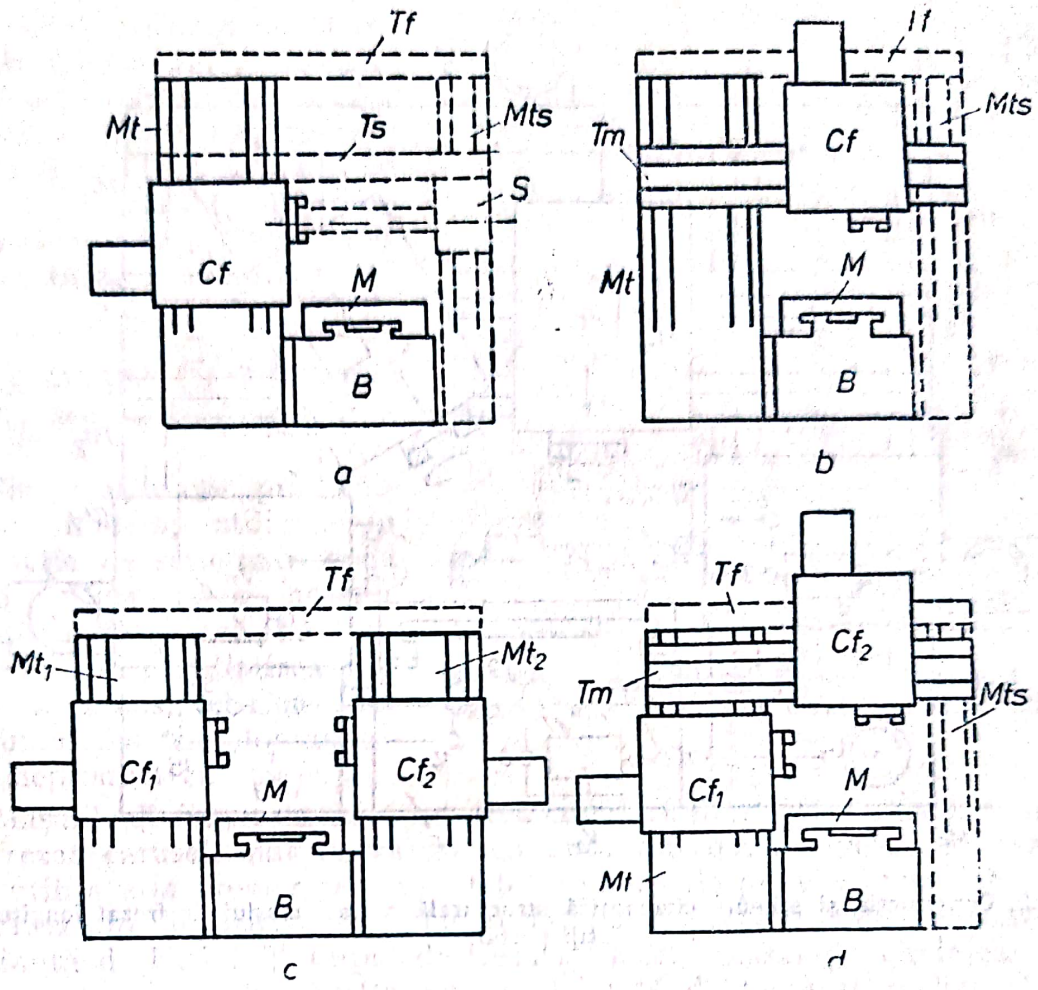


Fig. 7.8. Variante constructive ale maşinilor de frezat longitudinal.

La construcţiile cu un singur montant principal *Mt* se poate obţine o rigidizare suplimentară prin intermediul unui montant secundar *Mts*, care închide cadrul maşinii. Montantul secundar serveşte în unele cazuri la susţinerea suportului *S* a dornului portfreză (fig. 7.8, *a*), suport legat de capul de frezare prin traversa suportului *Ts*. În alte cazuri montantul secundar sprijină traversa mobilă *Tm* (fig. 7.8, *b* şi *d*). Montantul secundar este de obicei legat de montantul principal printr-o traversă fixă *Tf*.

Între maşinile de frezat longitudinal cea mai largă răspîndire o au maşinile de frezat tip portal, maşini prevăzute cu doi montanţi, susţinînd fiecare cîte un cap de frezare şi cu unul, două sau chiar trei capete de frezare montate pe traversa mobilă.

Construcţia şi cinematica unei asemenea maşini este prezentată în figura 7.9.

Acţionarea mişcării principale de rotaţie a frezei se realizează la maşinile de frezat longitudinal în acelaşi mod ca şi la maşinile de frezat cu batiu şi masă deplasabilă în două direcţii. Capetele de frezare prezintă însă particularitatea că arborele principal este prevăzut cu o pinolă, astfel încît poziţionarea sculei faţă de piesă se realizează prin deplasarea ei axială. Pinola arborelui principal se aduce, prin acţionare manuală, în poziţia dorită, după care se blochează.

Avansul longitudinal al mesei *M* este acţionat de la motorul M_5 printr-un variator în trepte V_4, transformarea mişcării de rotaţie în mişcare de trans-

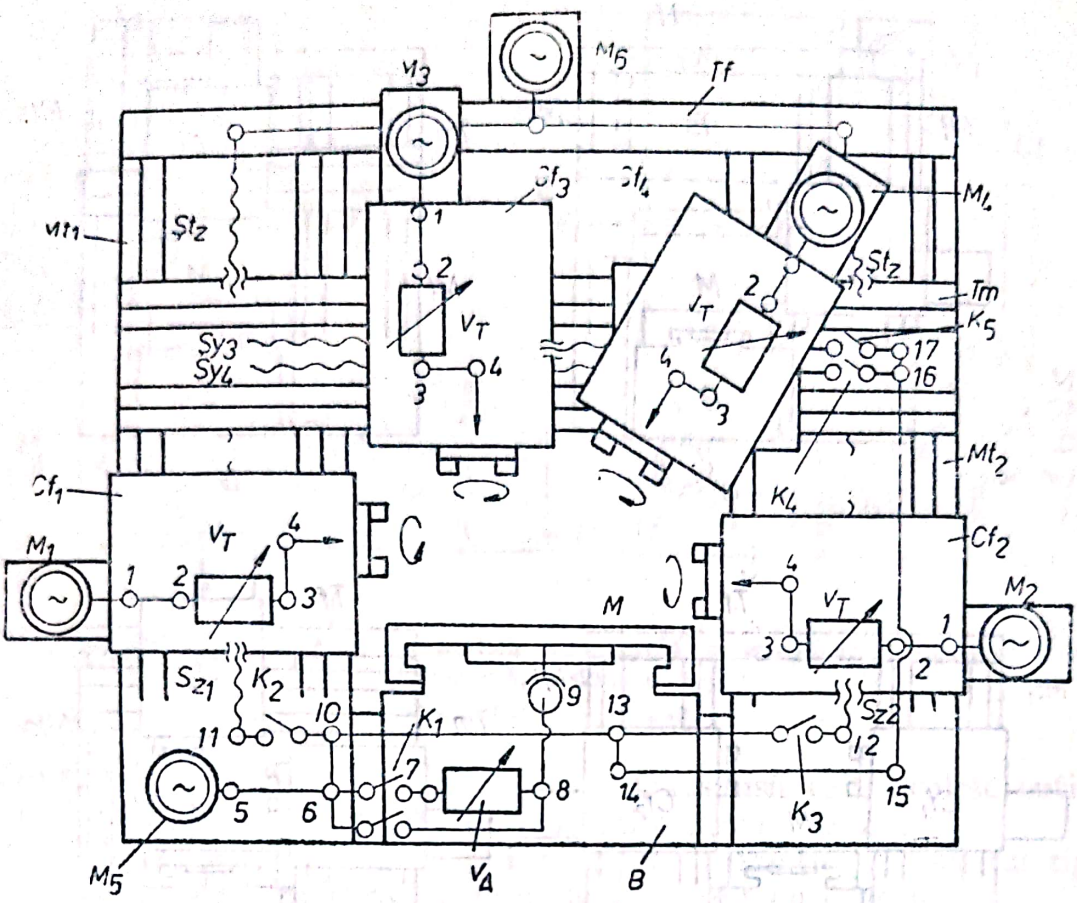


Fig. 7.9. Construcţia şi schema cinematică structurală a unei maşini de frezat longitudinal tip portal.

laţie a mesei obţinîndu-se printr-un mecanism de tip şurub-piuliţă sau, mai frecvent, prin pinion — cremalieră sau melc şi cremalieră melcată. O serie de maşini de frezat longitudinal au avansul mesei cu reglaj continuu, soluţia cea mai răspîndită fiind aceea de acţionare a mişcării cu motor cu curent continuu.

Deplasările capetelor de frezare pe ghidajele montanţilor sau ale traversei se obţin prin şuruburile conducătoare $Ş_{z1}$, $Ş_{z2}$, $Ş_{y3}$ şi S_{y4}, acţionate fie de la acelaşi motor ca şi mişcarea de avans longitudinal a mesei, fie de la motoare separate.

Deplasarea traversei mobile Tm pe ghidajele celor doi montanţi are ca sursă de acţionare un motor electric separat M_6. Această mişcare serveşte la poziţionarea grosolană a capetelor de frezare de pe traversă în raport cu piesa, astfel încît lanţul cinematic prin care se transmite mişcarea la cele două şuruburi S_{tz} nu conţine elemente de reglare.

În timpul prelucrării capetele de forţă şi traversa se blochează pe ghidaje.

Prin prelucrarea simultană cu mai multe scule se asigură o productivitate ridicată a prelucrării, precum şi o bună precizie. Pentru cazurile speciale, în care numărul capetelor de frezare nu satisface necesităţile, unele firme produc maşini la care capetele de frezare sînt plasate pe ambele părţi ale montanţilor şi care sînt prevăzute cu două traverse mobile, una pe o parte a montanţilor şi alta pe cealaltă parte. Numărul capetelor de frezare cu care este echipată o asemenea maşină poate fi astfel dublu faţă de o maşină obişnuită.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru prelucrarea pieselor de dimensiuni şi de greutăţi foarte mari se construiesc maşini de frezat longitudinal cu masă fixă sau cu placă de aşezare a pieselor, mişcarea de avans longitudinal fiind executată de montanţi.

7.3. MAŞINI DE FREZAT CU MASĂ CIRCULARĂ

Sînt maşini de productivitate ridicată, utilizate în producţia de serie mare şi de masă. Alimentarea acestor maşini se realizează în timpul mersului, fără oprirea mişcării de avans, ceea ce duce la eliminarea timpilor auxiliari, neproductivi.

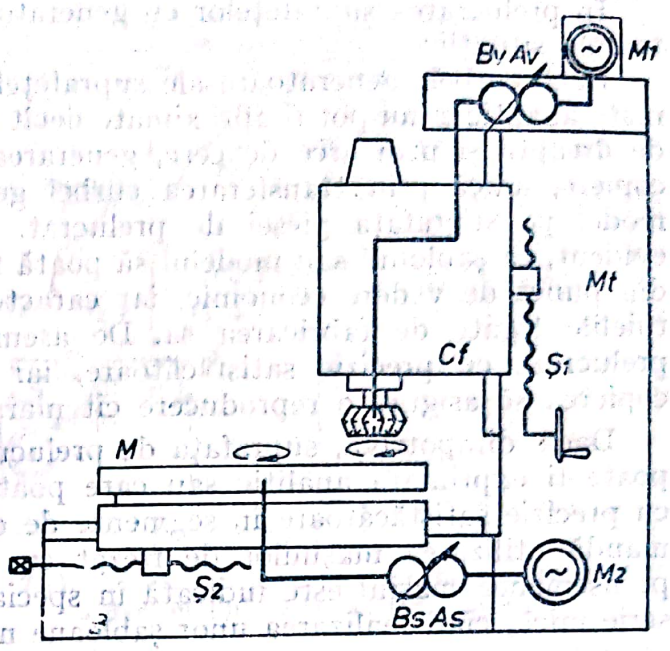


Fig. 7.10. Construcţia şi schema cinematică structurală a unei maşini de frezat cu masă rotativă.

Maşinile de frezat cu masă rotativă circulară (fig. 7.10), numite şi maşini de frezat carusel, sînt prevăzute cu unul sau două capete de frezare şi sînt utilizate la prelucrarea suprafeţelor plane ale pieselor. Semifabricatele se fixează în dispozitive cu strîngere rapidă montate pe masa rotativă *M*, susţinută de batiul *B*. Capul de frezare *Cf* este plasat pe ghidajele montantului vertical *Mt*. Poziţionarea sculei faţă de piesă se realizează prin deplasarea capului de frezare pe montant (poziţionare grosolană) şi prin intermediul pinolei arborelui principal (poziţionare fină de reglare a adîncimii de aşchiere şi de stabilire a cotei finale). Avansul piselor se obţine prin rotirea mesei.

La maşinile de frezat carusel cu două capete de frezare, unul este destinat degroşării, iar cel de al doilea finisării.

Maşinile fiind destinate producţiei de serie mare, reglarea turaţiei arborilor principali ai capetelor de frezare, precum şi reglarea turaţiei mesei circulare (avansul circular al pieselor) se efectuează prin roţi de schimb.

7.4. MAŞINI DE FREZAT CU COMANDĂ DUPĂ PROGRAM

Suprafeţele generate pe maşinile de frezat cu consolă sau cu batiu sînt în general suprafeţe simple, realizate prin imprimarea profilului sculei pe piesa de prelucrat.

O serie de suprafeţe de configuraţie complexă, de exemplu suprafeţele matriţelor şi poansoanelor de forjare, a celor de ambutisare a pieselor de caroserie, suprafeţele elicelor navelor şi altele nu pot fi, însă, realizate pe maşinile mai sus amintite. Asemenea suprafeţe pot fi prelucrate numai prin programarea curbei (sau curbelor) generatoare, prin comanda poziţiei relative a sculei faţă de piesă în conformitate cu datele cuprinse într-un program.

Scanned with OKEN Scanner

În prelucrarea suprafeţelor cu generatoare programată se disting următoarele situaţii;

Dacă curbele generatoare ale suprafeţelor de prelucrat nu pot fi exprimate analitic şi nu pot fi aproximate decît cu mare greutate prin segmente de dreaptă şi prin arce de cerc, generarea suprafeţelor se realizează prin copiere, adică prin transferarea curbei generatoare de pe un şablon sau model pe suprafaţa piesei de prelucrat. În această situaţie se impune, evident, ca şablonul sau modelul să poată fi realizat în condiţii acceptabile din punct de vedere economic, iar caracterul producţiei să justifice cheltuielile legate de fabricarea sa. De asemenea se cere ca şablonul să se prelucreze cu precizie satisfăcătoare, iar maşinile pe care se realizează copierea să asigure o reproducere cît mai exactă a profilului.

Dacă dimpotrivă, suprafaţa de prelucrat are o curbă generatoare care poate fi exprimată analitic sau care poate fi descompusă relativ uşor şi cu precizie satisfăcătoare în segmente de dreaptă şi arce de cerc, se recomandă utilizarea maşinilor de frezat cu comandă numerică. Prelucrarea pe asemenea maşini este indicată în special în producţia de unicate şi de serie mică, cînd realizarea unor şabloane nu este justificată.

Afirmaţiile de mai sus sînt valabile în cazul suprafeţelor prelucrate prin conturare, adică prin frezare într-un singur plan. În ceea ce priveşte suprafeţele complexe curbe spaţiale, realizarea lor pe maşini de frezat cu comandă numerică constituie încă o problemă deosebit de dificilă. Asemenea suprafeţe nu pot fi prelucrate decît după o prealabilă stabilire a curbelor de nivel, adică a acelor curbe care se obţin prin secţionarea suprafeţei cu plane paralele. Fiecare din aceste curbe trebuie apoi aproximată prin segmente de dreaptă şi de cerc. Precizia obţinută este satisfăcătoare numai dacă curbele de nivel sînt suficient de dense, fapt care impune identificarea, aproximarea şi codificarea unui număr mare de curbe. Operaţiile de pregătire a programului sînt în consecinţă deosebit de laborioase. Din acest motiv, precum şi din cauza costului foarte ridicat al sistemului de comandă, maşinile de frezat în spaţiu cu comandă numerică sînt încă foarte rare.

Dimpotrivă, realizarea suprafeţelor spaţiale prin copiere după şablon nu constituie o problemă, maşinile de frezat prin copiere în spaţiu (după trei direcţii) avînd o răspîndire relativ largă.

7.4.1. Maşini de frezat prin copiere

Maşinile de frezat prin copiere sînt destinate prelucrării unor piese cu profil complex prin reproducerea formei după şablon sau model. Copierea se realizează în plan (după două direcţii, copiere de conturare) sau în spaţiu (după trei direcţii), cele două tipuri de suprafeţe realizîndu-se pe maşini de frezat cu construcţie, cinematică şi sisteme de ocmandă distincte.

Principiul de lucru al maşinilor de frezat orizontale prin copiere în spaţiu poate fi urmărit după schema din figura 7.11.

Asemenea maşini sînt utilizate în prelucrarea pieselor de dimensiuni mici şi mijlocii; pentru piese de dimensiuni şi greutăţi mari se folosesc maşini de frezat prin copiere verticale.

Maşina este constituită dintr-un montant vertical *Mt* prevăzut cu ghidaje care susţin sania verticală *Sv* cu capul de frezare *Cf* plasat pe ghidaje transversale. Pe un suport legat rigid de capul de frezare este mon-

Scanned with OKEN Scanner

tat, printr-un sistem de sănii în cruce, capul de palpare Cp cu palpatorul Pp.

Batiul B al maşinii susţine o sanie longitudinală Sl, pe care se montează suportul Sp al piesei P şi suprapus, suportul Sm al modelului M.

Mişcarea de rotaţie a arborelui principal al capului de frezare este acţionată de motorul M_1, printr-un variator de turaţii V_T de construcţie obişnuită, cu reglare în trepte.

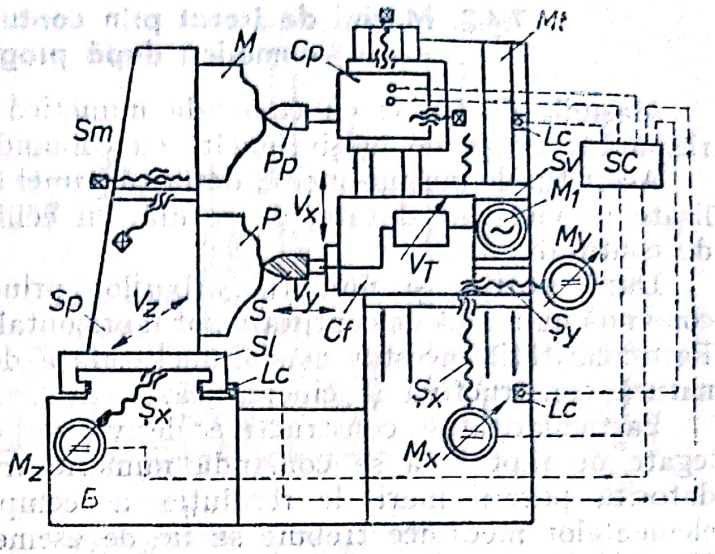


Fig. 7.11. Construcţia şi schema cinematică structurală a unei maşini de frezat prin copiere.

Sania verticală se deplasează pe ghidajele montantului cu viteza de avans v_z, realizînd avansul de transport între două limitatoare de cursă Lc. Această mişcare este acţionată de motorul de curent continuu cu turaţia reglabilă M_z. La atingerea limitatoarelor cursei verticale se comandă în mod automat alimentarea (dozarea sau păşirea) şi se inversează sensul de rotaţie a motorului. În această situaţie frezarea piesei se realizează atît la deplasarea capului de frezare de sus în jos, cît şi la deplasarea de jos în sus. Există situaţii în care prelucrarea are loc numai pentru un singur sens de deplasare a saniei verticale, deplasarea în sens invers realizîndu-se cu avans rapid şi cu scula retrasă.

Avansul de alimentare (dozare) se produce la capătul cursei saniei verticale prin cuplarea motorului M_z. Sania longitudinală Sl se deplasează astfel încît copierea să se realizeze într-un plan paralel cu cel precedent, mărimea deplasării fiind reglată prin sistemul de comandă SC al maşinii.

Copierea (urmărirea) cu viteza v_y este realizată de capul de frezare împreună cu capul de palpare, mişcarea fiind acţionată de la motorul M_y, prin şurubul conducător S_y. Comanda acestei mişcări este dată de palpatorul Pp, printr-un sistem traductor — amplificator cuprins în sistemul de comandă al maşinii. Turaţia şi sensul de rotaţie a motorului M_y depinde de devierea palpatorului sub acţiunea modelului.

Poziţionarea modelului faţă de piesă pentru compensarea unor diferenţe de înălţime şi a unor abateri la fixarea acestor elemente pe suporţi, precum şi poziţionarea capului de palpare faţă de capul de frezare se realizează prin intermediul unor şuruburi.

Copierea după principiul descris mai sus poartă denumirea de copiere după linii verticale. În mod similar are loc şi copierea după linii orizontale, cu deosebirea că în acest caz avansul de transport se produce pe direcţie orizontală, iar avansul de alimentare pe direcţie verticală.

Pe anumite tipuri de maşini de frezat prin copiere avansul de urmărire se produce după două direcţii, mişcarea de transport fiind înlocuită de o a doua mişcare de copiere.

Sesizoarele utilizate pe maşinile de frezat prin copiere sînt în mod frecvent de tip inductiv.

Scanned with OKEN Scanner

7.4.2. Maşini de frezat prin conturare cu comandă numerică după program

Maşinile de frezat cu comandă numerică constituie una din cele mai răspîndite grupe de maşini-unelte cu comandă numerică.

Acest tip de maşini-unelte, datorită gamei largi de operaţii ce pot fi realizate pe ele, sînt dotate, de regulă, cu echipamente numerice complexe de conturare.

După poziţia şi numărul arborilor principali, maşinile de frezat cu comandă numerică de conturare pot fi orizontale, verticale şi cu cap revolver. Particularităţile acestor maşini-unelte, faţă de cele convenţionale, sînt de natură constructivă şi cinematică.

Particularităţile constructive derivă pe de o parte din considerente legate de faptul că se comandă numeric trei axe, iar pe de altă parte datorită puterii mari de rezoluţie a echipamentului numeric. Precizia elementelor mecanice trebuie să fie de asemenea ridicată.

Maşinile de frezat dotate cu echipamente numerice de comandă sînt prevăzute cu un cap de frezare *6* (fig. 7.12) care execută o deplasare după axa *Y*, la maşinile de frezat orizontale, sau axa *Z* la cele verticale (reprezentat punctat în figura 7.12). Celelalte subansamble principale ale maşinii sînt: montantul *1*, batiul *2*, sania *3*, masa *4*, agregatul hidraulic, panoul de comandă, dulapul pentru comanda convenţională şi echipamentul numeric (nereprezentate în figură). Montantul este fixat pe batiu prin intermediul şuruburilor. Ghidajele sînt, de obicei, plate cu benzi din oţel. Ghidarea mesei, a saniei şi a capului de frezat este realizată prin intermediul tachetelor cu role reglabile cu ajutorul unor pene.

Lăgăruirea arborelui principal asigură o rigiditate sporită permiţînd prelucrarea cu regimuri intensive. Un exemplu de lăgăruire este indicat în figura 7.13. În faţă există un rulment radial, avînd două rînduri de role, doi rulmenţi axiali cu bile iar în spate tot un rulment radial cu două rînduri de role.

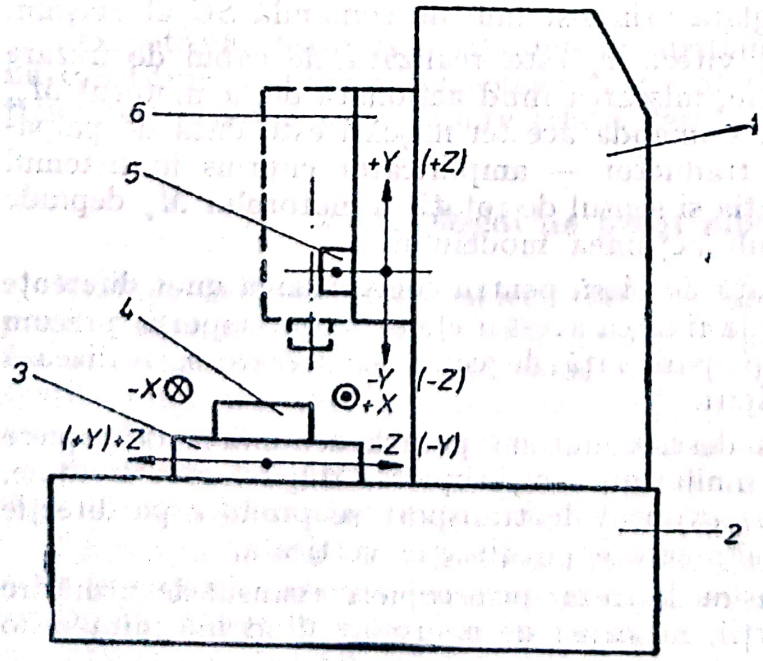


Fig. 7.12. Variante constructive ale maşinilor de frezat cu comandă numerică de conturare.

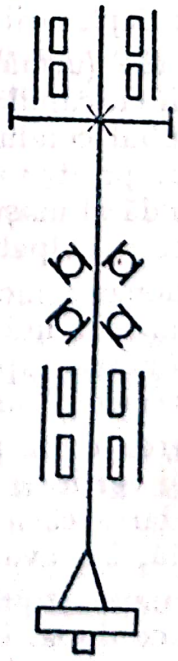


Fig. 7.13. Schema principală de lăgăruire a arborelui principal.

Scanned with OKEN Scanner

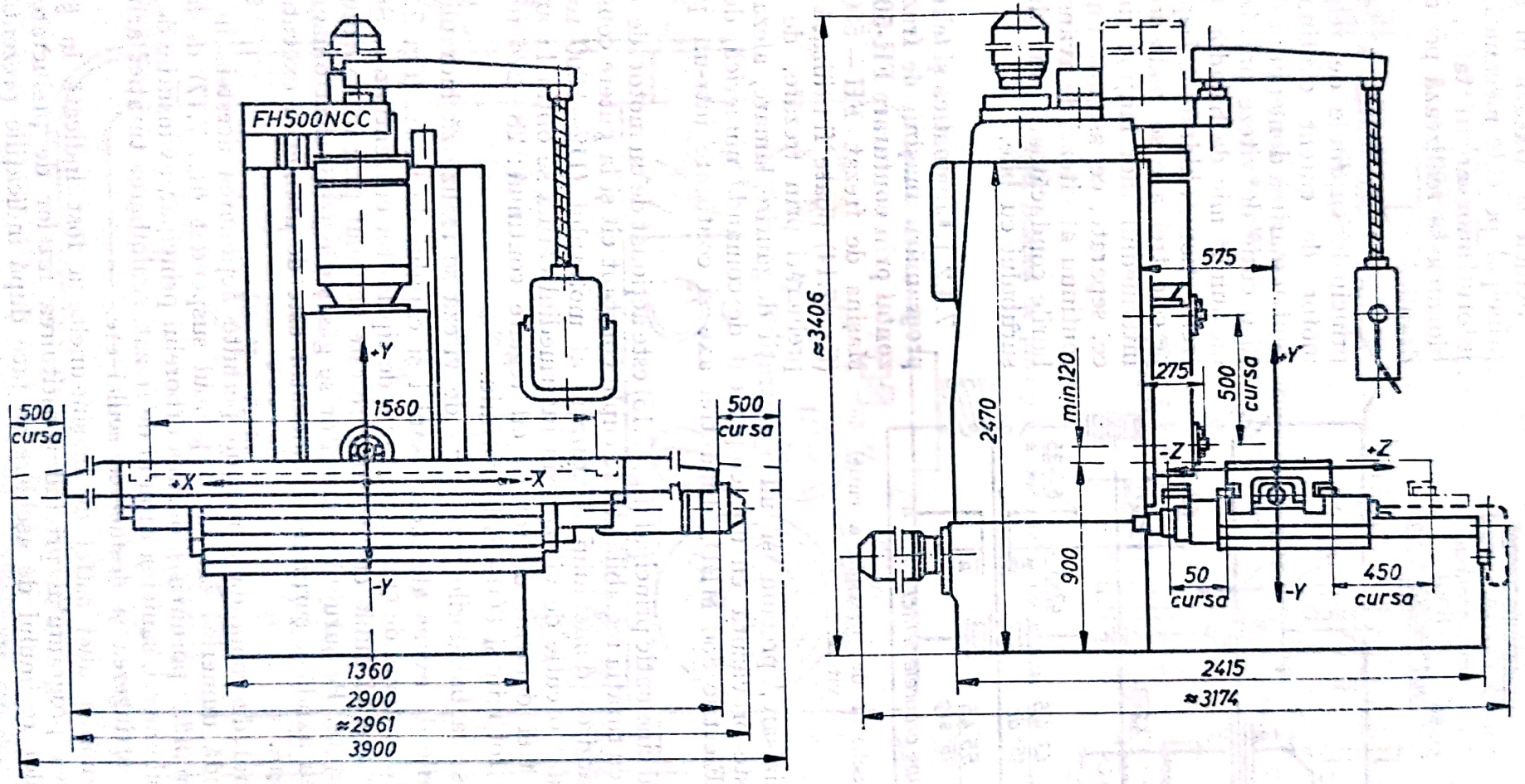


Fig. 7.14. Maşina de frezat cu comandă numerică de conturare de tip FH—500 NCC.

Scanned with OKEN Scanner

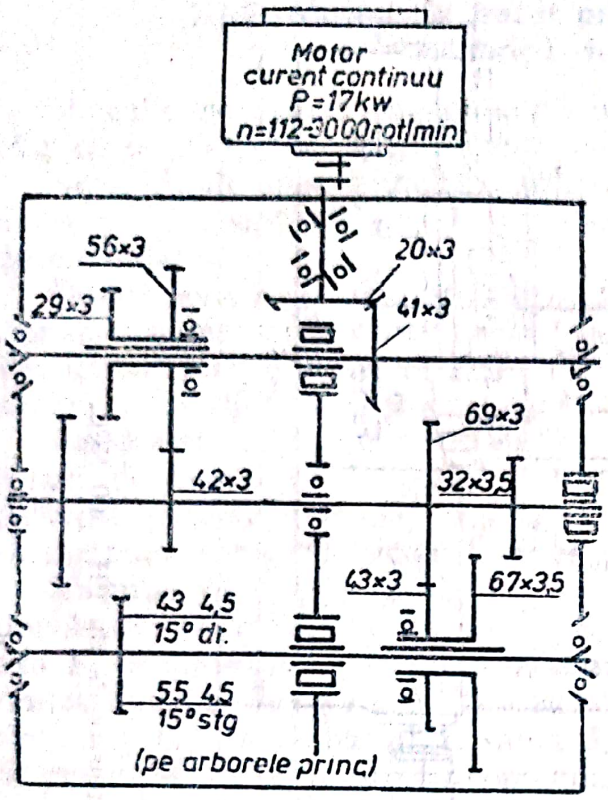


Fig. 7.15. Schema de principiu a cutiei de viteze.

Sculele se fixează în arborele principal pe cale mecanică, cu ajutorul unor arcuri taler, iar deblocarea se realizează pe cale hidraulică.

Lanțul cinematic al mișcării principale cuprinde de regulă un motor de curent continuu, iar pentru mărirea domeniului de turații o cutie de viteze prevăzută cu un număr mic de baladori (doi sau trei) acționați hidraulic. Deplasările pe cele trei axe se realizează prin intermediul unor lanțuri cinematice, separate, ce asigură un reglaj continuu al vitezei de avans. Șuruburile conducătoare sînt de tipul șurubului cu bile.

7.4.2.1. Cinematica și tehnologia programării mașinii de frezat orizontal prin conturare FH-500 NCC. Mașina de frezat FH — 500 NCC (fig. 7.14) poate fi utilizată pentru prelucrări prin frezare, de degroșare și finisare, precum și unele operații de găurire, lamare, alezare etc. Mașina este prevăzută cu un echipament de comandă numerică, de tipul General Electric 550 MBD, după trei axe și conturare într-un plan la alegere.

Lanțul cinematic principal (fig. 7.15) este acționat de un motor de curent continuu cu turația reglabilă atît la cuplu constant cît și la putere constantă. Pentru lărgirea domeniului de turație al motorului (112—3000 rot/min) se utilizează o cutie de viteze prin intermediul căruia se obțin la arborele principal trei domenii de turații cu reglare continuă: 28—224 rot/min, 250—710 rot/min și 800—2240 rot/min.

Deplasarea baladorilor din cutia de viteză se realizează hidraulic.

Mișcările de avans ale mesei, saniei și capului de frezat (fig. 7.16) se obțin de la motoare de curent continuu de tip Porter cu ventilator. Șurubul cu bile cu piuliță dublă cu prestringere este acționat prin intermediul unei curele dințate. Pe șurubul conducător se găsește o frînă electromagnetică. Lăgăruirea axială a șurubului conducător este de asemenea executată cu prestrîngere.

Sistemul de comandă a mașinii permite acționarea acesteia în regim de comandă numerică sau de la panoul suspendat (fig. 7.17) de la care se pot comanda: pornirea și oprirea arborelui principal, avansurile de lucru și rapide ale mesei, saniei și capului de frezat, schimbarea turației arborelui principal, strîngerea și desfacerea sculei etc.

Programarea unei astfel de mașini-unelte a fost indicată în § 4.3.2. Omologarea programului privind constituirea fazelor de prelucrare și a parametrilor regimului de așchiere se face după indicațiile prezentate în § 6.1.5.

Scanned with OKEN Scanner

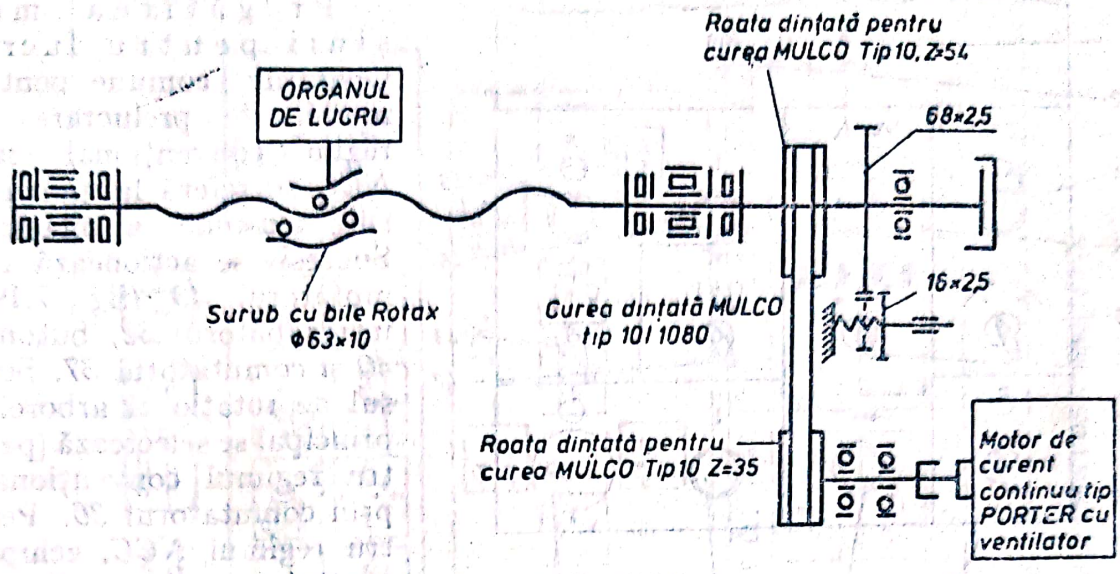


Fig. 7.16. Schema de principiu a sistemului de avans.

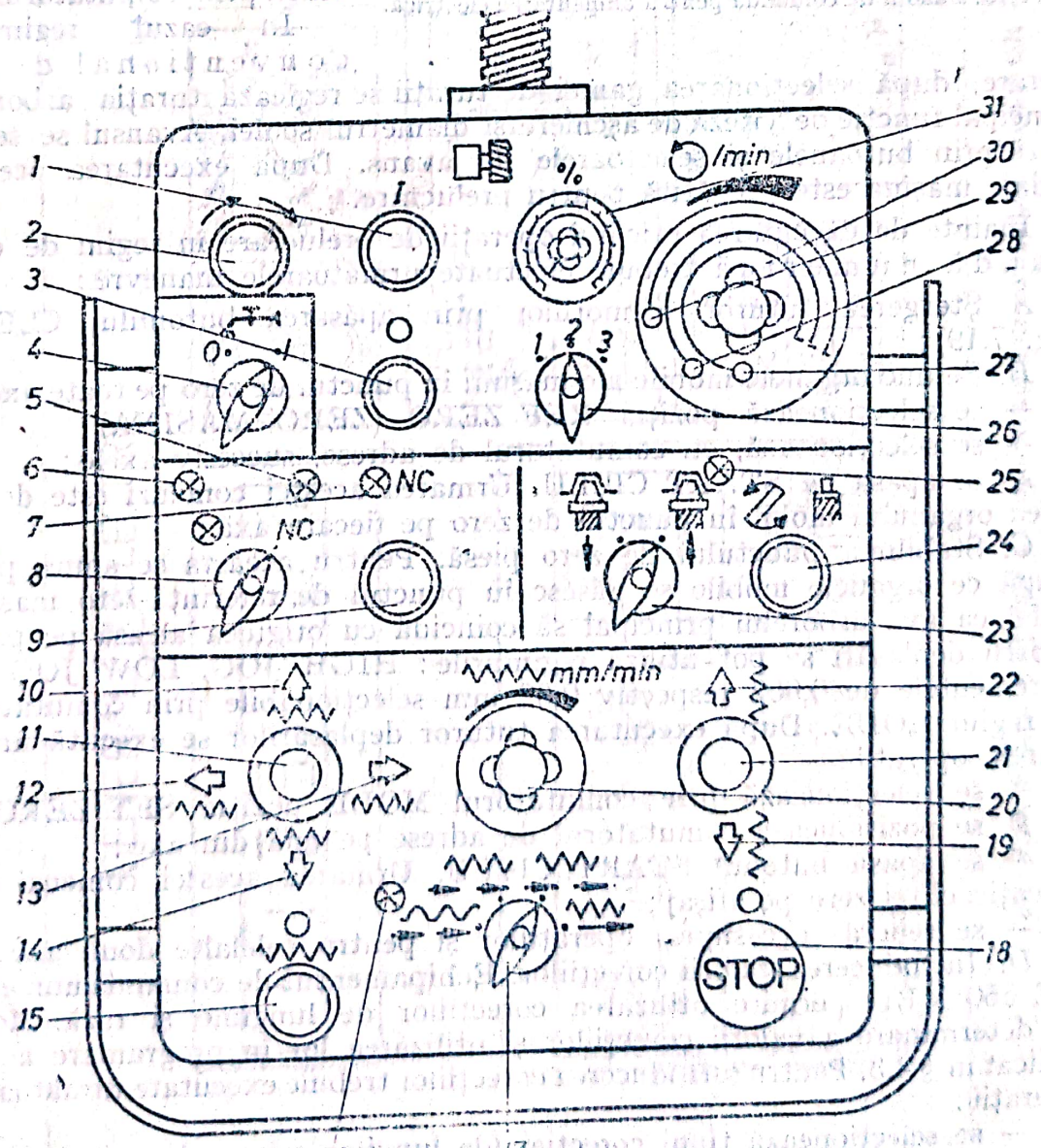


Fig. 7.17. Panoul suspendat de comandă a mașinii FH—500 NCC.

Scanned with OKEN Scanner

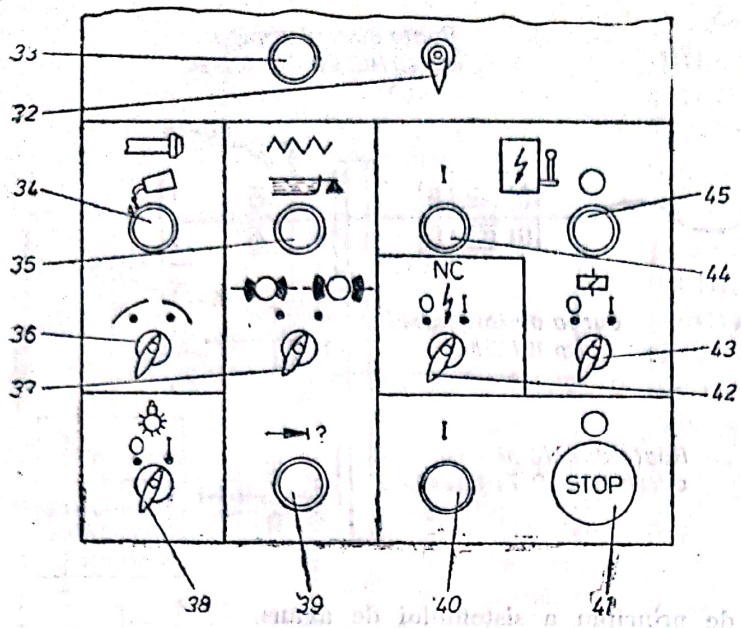


Fig. 7.18. Panoul de comandă pentru alimentarea electrică.

Pregătirea mașinii pentru lucru. Operațiile comune pentru modul de prelucrare în regim convențional sau *NCC* se referă la punerea sub tensiune a mașinii. Succesiv se acționează comutatorul *43* (fig. 7.19), întrerupătorul *32*, butonul *40* și comutatorul *37*. Sensul de rotație al arborelui principal se selectează (pentru regimul convențional) prin comutatorul *36*. Pentru regimul *NCC*, echipamentul numeric se alimentează prin comutatorul *42*.

În cazul regimului convențional de prelucrare, după selecționarea gamei de turații se reglează turația arborelui principal funcție de viteza de așchiere și diametrul sculei. Avansul se selectează prin butoanele și selectoarele de avans. După executarea acestor reglaje mașina este pregătită pentru prelucrare.

Înainte de executarea oricărei operații de prelucrare în regim de comandă numerică trebuie efectuate următoarele manevre:

A. Ștergerea tuturor memoriilor prin apăsarea butonului CLEAR (fig. 7.19);

B. Se duc organele mobile ale mașinii în punctul de zero pe toate axele:

— se selecționează poziția REF ZERO (ZERO MASINA);

— se selecționează, cu comutatorul de adrese, succesiv axele;

— se apasă pe START CICLU. Urmarea acestei comenzi este deplasarea organului mobil în punctul de zero pe fiecare axă;

C. Stabilirea punctului de zero piesă. Pentru aceasta se aduce piesa (după ce organele mobile se găsesc în punctul de referință-zero mașină) astfel ca axa arborelui principal să coincidă cu originea aleasă pe piesă. Pentru deplasări se pot utiliza regimurile: HIGH JOG, LOW JOG sau incrementele de 0,002 respectiv 0,02 mm selecționabile prin comutatorul de regim MODE. După executarea tuturor deplasărilor se execută următoarele operații:

— se selecționează prin comutatorul MODE poziția SET ZERO;

— se poziționează comutatorul de adrese pe una din axe;

— se apasă butonul START CICLU. Urmarea acestei comenzi este apariția cifrei zero pe afișaj;

— se repetă succesiunea operațiilor și pentru celelalte două axe;

D. Introducerea valorii corecțiilor. Echipamentul de comandă numerică GE 550 MBD permite utilizarea corecțiilor de lungime și rază. Modul de determinare a valorii corecțiilor și utilizarea lor în programare a fost indicat în § 4.3. Pentru introducerea corecțiilor trebuie executate următoarele operații:

— se selecționează tipul corecției (de lungime sau rază) prin comutatorul de corecții OFFSET;

Scanned with OKEN Scanner

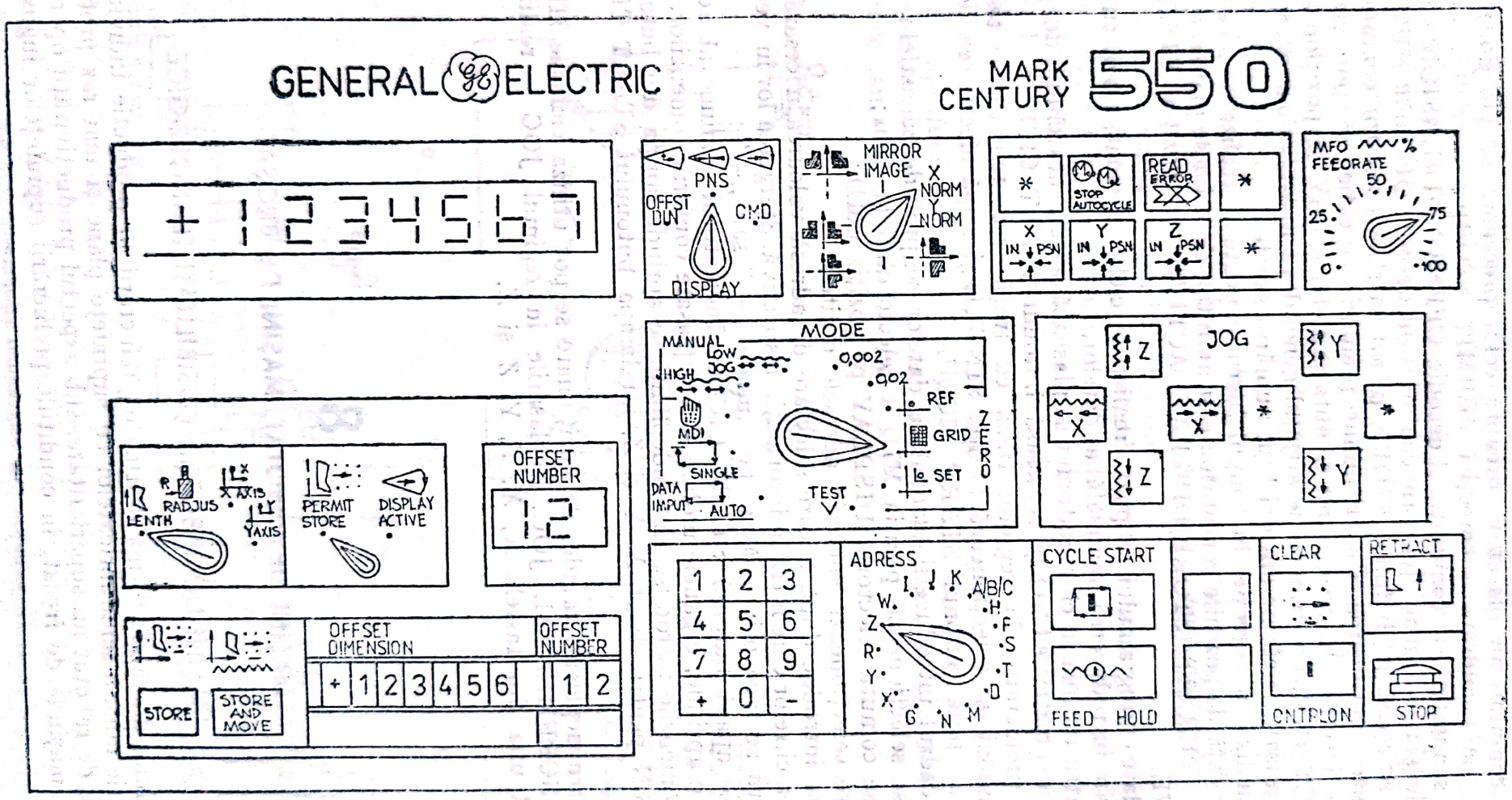


Fig. 7.19. Panoul de operare a echipamentului de comandă numerică GE—MARK CENTURY 550 MBD.

Scanned with OKEN Scanner

— comutatorul plasat în dreapta celui precedent se poziţionează pe poziţia de memorare a corecţiei PERMIT STORE;

— se înscrie prin comutatorul decodic OFFSET DIMENSION valoarea corecţiei şi numărul acesteia prin comutatorul decodic OFFSET NUMBER;

— se apasă pe butonul STORE plasat în stînga acestor comutatoare.

Pentru verificarea corectitudinii preluării corecţiei se pot vizualiza valorile înscrise. În acest scop comutatorul DISPLAY se poziţionează pe OFFSET DIM. Ca urmare pe afişajul general va apare valoarea corecţiei, iar pe afişajul alcătuit din doi biţi, numărul acesteia.

Vizualizarea corecţiei în timpul lucrului poate fi realizată dacă suplimentar faţă de poziţiile comutatoarelor amintite anterior se plasează comutatorul PERMIT STORE/DISPLAY ACTIVE pe poziţia DISPLAY ACTIVE.

Rularea programului se poate realiza în ciclu automat, frază cu frază sau prin introducerea manuală a datelor.

Pentru rularea în ciclu automat se plasează selectorul ciclului de prelucrare pe poziţia AUTO şi se apasă butonul START CICLU.

La prelucrarea în regimul frază cu frază (recomandabil la testarea programului) se selecţionează poziţia SINGLE şi după efectuarea fiecărei fraze se apasă butonul START CICLU.

În cadrul introducerii manuale a datelor se procedează astfel:

— se selecţionează poziţia MID a selectorului de ciclu;

— se comută selectorul DISPLAY pe poziţia CMD;

— se selecţionează succesiv adresele dorite;

— se introduc după fiecare selectare de adresă valoarea necesară prin apăsarea cifrelor care intră în informaţia respectivă. Ştergerea lor în vederea corectării se face prin apăsare pe semnele „—" sau „+";

— se apasă butonul START CICLU. Indicatorul luminos al acestui buton se aprinde, organele mobile sînt deplasate conform comenzilor. Cînd toate comenzile introduse sînt îndeplinite se aprinde lampa din butoanele INPSN pentru axele *X*, *Y* şi *Z*, iar lampa butonului START CICLU se stinge.

Pentru deplasări rapide, de poziţionare se pot utiliza ciclurile HIGH/LOW/INCREMENTAL JOG. Deplasările în regimul JOG se realizează apăsînd una din tastele *X*, *X*, *Y*, *Y*, *Z* şi *Z*.

8

MAŞINI DE RABOTAT, MAŞINI DE BROŞAT

8.1. MAŞINI DE RABOTAT. POSIBILITĂŢI TEHNOLOGICE

Maşinile de rabotat sînt destinate prelucrării în producţie individuală şi de serie mică a semifabricatelor cu suprafeţe plane şi mai rar profilate. Maşinile de rabotat au superioritate, sub aspectul productivităţii operaţiei, faţă de maşinile de frezat, în condiţiile prelucrării suprafeţelor înguste şi lungi.

Scanned with OKEN Scanner

Sub aspect cinematic maşinile de rabotat execută mişcarea principală rectilinie alternativă, la care una din curse este activă, în urma căreia are loc procesul de aşchiere, iar cealaltă, de retragere, se efectuează cu viteză mai mare, în scopul măririi productivităţii operaţiei. Mişcarea de avans se execută pe o direcţie perpendiculară pe direcţia mişcării principale, aceasta este intermitentă şi se efectuează la sfîrşitul cursei de retragere a sculei în raport cu semifabricatul de prelucrat.

Sub aspect tehnologic productivitatea maşinilor de rabotat este relativ scăzută datorită cursei inactive, de retragere relativă a sculei în raport cu semifabricatul, în care nu are loc procesul de aşchiere şi de asemenea, procesul de rabotare se desfăşoară cu efecte dinamice uneori nedorite datorate şocurilor la intrarea sculei în contact cu semifabricatul şi inversărilor frecvente ale sensului mişcării principale.

Prin operaţia de rabotare se execută suprafeţe plane sau profilate orizontale (fig. 8.1, *a*), înclinate sau verticale (fig. 8.1, *b*). Suprafeţele profilate pot fi realizate după trasaj sau cu dispozitive de copiere. Pot fi executate de asemenea, combinaţii de suprafeţe plane sau profilate exterioare (fig. 8.1, *c*) sau interioare (fig. 8.1, *d*, *e*).

În scopul reducerii uzurii sculei aşchietoare şi a evitării deteriorării calităţii suprafeţei prelucrate, în cursa de retragere a sculei, aceasta este excamotată (ridicată) din contact cu semifabricatul, folosindu-se sisteme mecanice sau electromagnetice (fig. 8.1, *f*).

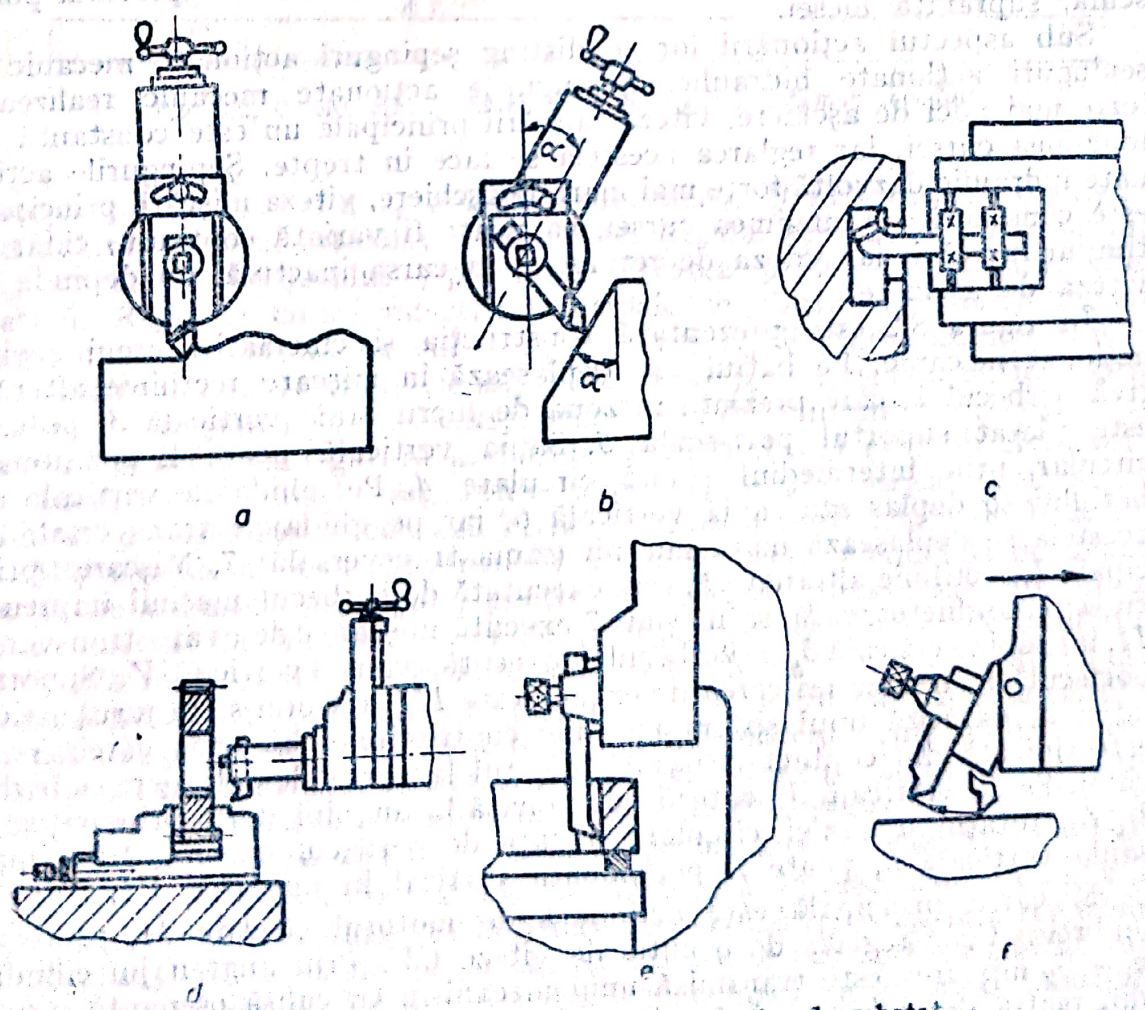


Fig. 8.1. Posibilităţi tehnologice ale maşinilor de rabotat.

Scanned with OKEN Scanner

Sub aspectul direcţiei după care se efectuează mişcarea principală distingem:

— maşini de rabotat cu mişcare principală orizontală sau maşini de rabotat propriu-zise;

— maşini de rabotat cu mişcarea principală verticală sau maşini de mortezat.

După organul care efectuează mişcarea principală distingem:

— maşini de rabotat cu cuţit mobil sau maşini de rabotat transversal, sau şepinguri;

— maşini de rabotat cu masă mobilă sau maşini de rabotat longitudinal, sau raboteze (mai des întîlnite fiind maşinile de rabotat portal).

8.1.1. Maşini de rabotat transversal, construcţia cinematica şi reglarea lor

Maşinile de rabotat transversal sau şepingurile sînt destinate prelucrării pieselor de dimensiuni mici şi mijlocii. Caracteristica dimensională principală o constituie cursa berbecului (a sculei). Şepingurile fabricate în ţară la Întreprinderea „Infrăţirea" din Oradea sînt S 425 şi S 700, avînd cursa maximă a berbecului de 425 şi respectiv 700 mm. Alte caracteristici dimensionale de exploatare ale acestor maşini sînt: cursa transversală a mesei, cursa verticală a saniei port-cuţit, unghiul de înclinare al suportului port-sculă, suprafaţa mesei.

Sub aspectul acţionării lor se disting şepinguri acţionate mecanic şi şepinguri acţionate hidraulic. Şepingurile acţionate mecanic realizează forţe mai mici de aşchiere, viteza mişcării principale nu este constantă pe lungimea cursei, iar reglarea acesteia se face în trepte. Şepingurile acţionate hidraulic dezvoltă forţe mai mari de aşchiere, viteza mişcării principale este constantă pe lungimea cursei, ea poate fi variată continuu, chiar în timpul lucrului, iar viteza de retragere, în cursa inactivă, nu depinde de viteza de aşchiere.

În figura 8.2 este prezentată construcţia şi cinematica unui şeping acţionat mecanic. Pe batiul *1* se deplasează în mişcare rectilinie alternativă berbecul *2*, care prezintă în zona de lucru sania verticală *3*, pe care este plasat suportul port-sculă *5*. Sania verticală poate fi poziţionată circular prin intermediul saniei circulare *4*. Pe ghidajele verticale ale batiului se deplasează sania verticală *6*, iar pe ghidajele transversale ale acesteia se deplasează masa maşinii (sania transversală) *7*. Mişcarea principală *I*, rectilinie alternativă, este executată de berbecul maşinii împreună cu scula aşchietoare. Masa maşinii *7* execută mişcarea de avans transversal *II*, iar sania verticală *3*, a berbecului, execută avansul vertical *IV*. Suportul portsculă realizează mişcarea de excamotare *III*, rotindu-se în jurul articulaţiei *a*, datorită unui sistem mecanic cu fricţiune, în urma căreia scula este ridicată din contact cu semifabricatul la cursa de retragere a berbecului. Sania verticală *3* poate fi poziţionată la unghiul dorit prin mişcarea *V* de rotaţie a saniei circulare *4* faţă de berbecul maşinii. Masa, prin sania verticală *6*, poate fi poziţionată vertical în mişcarea *VI*.

Mişcarea principală este acţionată de motorul electric *M*, printr-un ambreiaj *C*, şi reglată de o cutie de viteze *CV*. Prin angrenajul cilindric $z_1 - z_2$ mişcarea este transmisă unui mecanism cu culisă oscilantă format din piatra de culisă p_1, balansierul *B* şi bieleta *b*. Piatra de culisă p_1 se

Scanned with OKEN Scanner

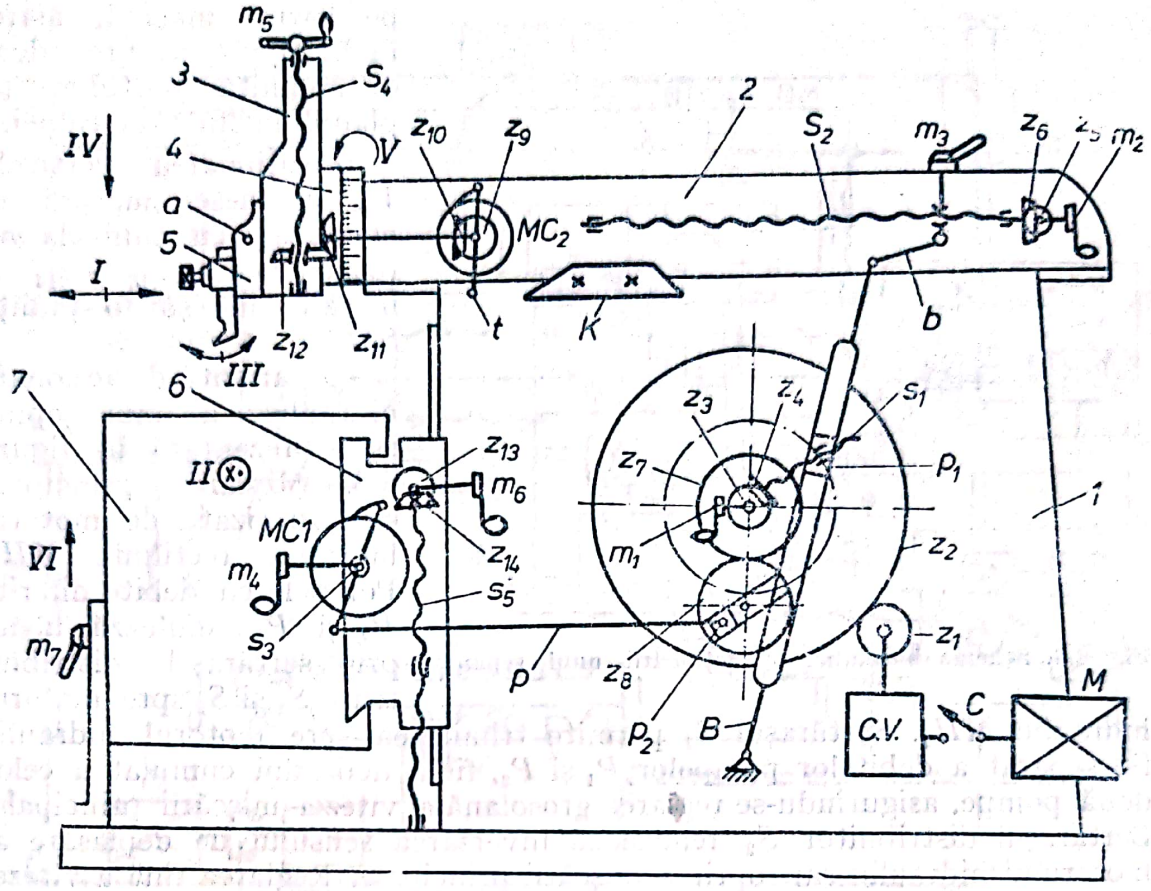


Fig. 8.2. Construcţia şi cinematica şepingului acţionat mecanic.

roteşte odată cu roata z_2 obligînd balansierul B să efectueze o mişcare pendulară, în jurul articulaţiei inferioare. Acesta, prin bieleta b şi şurubul S_2, transmite berbecului şepingului mişcarea principală rectilinie alternativă. Reglarea cursei mişcării principale se obţine modificînd raza la care se găseşte piatra de culisă p_1 pe roata z_2. Reglarea acestei raze se efectuează manual cu manivela m_1, roţile conice $z_3 - z_4$ şi mecanismul şurub piuliţă S_1. Reglarea poziţiei cursei sculei faţă de semifabricat se realizează mutînd punctul de legătură al bieletei b cu berbecul maşinii. Aceasta se efectuează cu manivela m_2, roţile conice $z_5 - z_6$ şi mecanismul şurub-piuliţă S_2. Maneta m_3 blochează berbecul în noua poziţie faţă de bieleta b.

Mişcarea de avans transversal II a mesei maşinii trebuie să fie dependentă de mişcarea principală, pentru ca avansul transversal intermitent să se execute la sfîrşitul cursei de retragere a berbecului. Pe axul roţii z_2 se află roata z_7, care transmite mişcarea roţii z_8. În culisa roţii z_8 este dispusă piatra de culisă p_2, care prin pîrghia p, acţionează mecanismul cu clichet MC_1. Acesta furnizează mişcarea intermitentă şurubului S_3, care acţionează masa maşinii în avans transversal. Reglarea mărimii avansului transversal se realizează schimbînd excentricitatea pietrei de culisă p_2 pe roata z_8. Sensul avansului transversal se modifică rotind clichetul cu 180°.

Mişcarea de avans vertical IV este furnizată de mecanismul cu clichet MC_2, transmisă prin angrenajele conice $z_9 - z_{10}$ şi $z_{11} - z_{12}$ la mecanismul şurub-piuliţă S_4. Mecanismul cu clichet MC_2 este acţionat de tija t_2, care la sfîrşitul cursei de retragere a berbecului urcă pe cama K. Mărimea avansului vertical se reglează prin plasarea corespunzătoare a camei K,

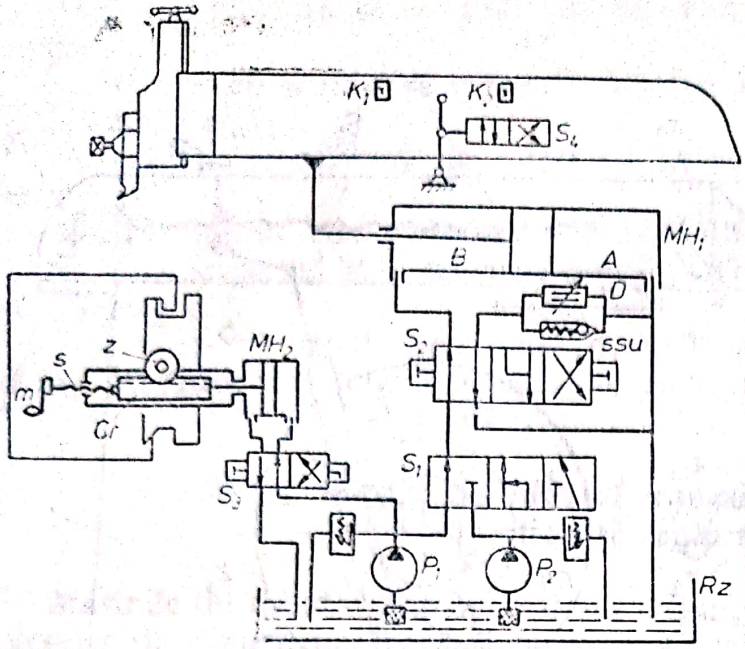


Fig. 8.3. Schema hidraulică a acționării unui șeping.

pe batiul mașinii, astfel încît, tija t să urce doar o anumită porțiune pe planul înclinat al camei.

Poziționarea verticală VI a mesei mașinii se efectuează cu manivela m_6, roțile conice $z_{13} - z_{14}$ și mecanismul șurub piuliță S_5.

O variantă de acționare hidraulică a unui șeping este prezentată în figura 8.3. Mișcarea principală este furnizată de motorul hidraulic rectiliniu MH_1. Pompele cu debite diferite P_1 și P_2 refulează uleiul prin sertărașele distribuitoare S_1 și S_2 spre motorul hidraulic MH_1. Sertărașul S_1 permite trimiterea spre motorul hidraulic fie separat a debitelor pompelor P_1 și P_2, fie a debitului cumulat a celor două pompe, asigurîndu-se reglarea grosolană a vitezei mișcării principale. Sertărașul distribuitor S_2 realizează inversarea sensului de deplasare al motorului hidraulic sau oprirea mișcării principale. Reglarea fină a vitezei mișcării principale se obține prin droselul D. Acesta este scurtcircuitat la faza de retragere a berbecului de supapa de sens unic SSU.

Mișcarea de avans transversal este obținută de la motorul hidraulic MH_2, care printr-un mecanism cremalieră-pinion $Cr—z$ și a unui cuplaj de sens unic rotește intermitent șurubul mesei. Reglarea avansului transversal se face limitînd cursa motorului hidraulic MH_2 cu manivela m și șurubul S.

Sertărașul distribuitor S_4 pilotează, în funcție de lungimea și poziția cursei mișcării principale, stabilită prin camele opritor K_1 și K_2, sertărașele distribuitoare S_2 și S_3.

8.1.2. Mașini de rabotat longitudinal, construcția și cinematica lor

Mașinile de rabotat longitudinal sînt destinate prelucrării suprafețelor plane sau profilate, cu una sau mai multe scule simultan, la piese sau grupe de piese de dimensiuni mari, la care lungimea suprafeței este foarte mare în raport cu lățimea ei. Semifabricatul sau semifabricatele, cu aceiași configurație, sînt fixate pe masa mașinii și sînt antrenate în mișcare principală rectilinie alternativă. Sculele, fixate pe săniile mașinii, sînt antrenate în mișcare de avans intermitent, executînd prelucrarea uneia sau a mai multor suprafețe simultan.

O mașină de rabotat longitudinal de tip portal (fig. 8.4) este compusă dintr-un batiu *1*, montanții *2*, traversa mobilă *3* și traversa fixă *4*. Pe traversa mobilă sînt dispuse cărucioarele traversei, formate dintr-o sanie

Scanned with OKEN Scanner

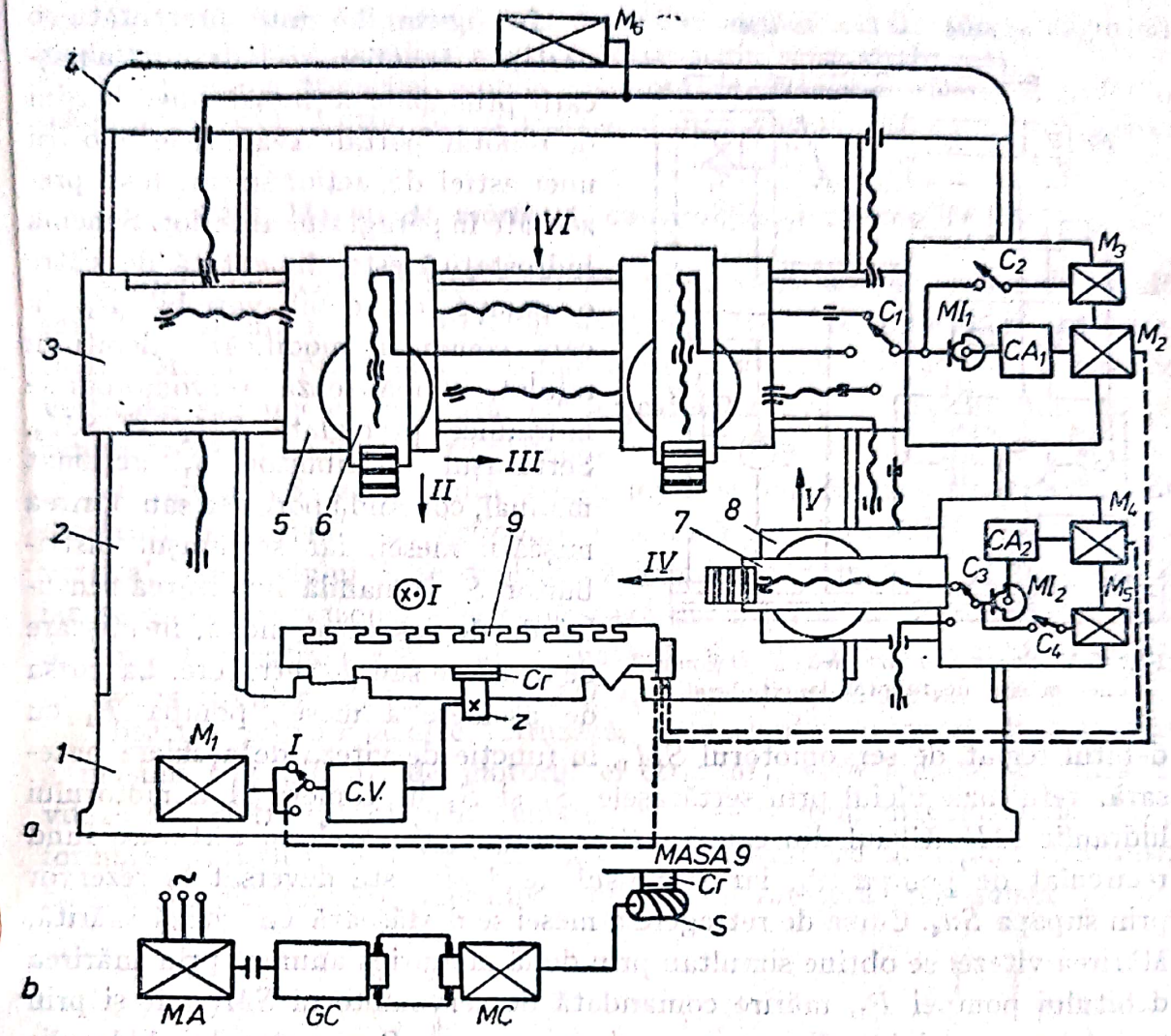


Fig. 8.4. Construcţia şi cinematica maşinilor de rabotat portal.

transversală *5* şi o sanie verticală *6*. Pe unul, sau pe cei doi montanţi, se află cărucioarele laterale, formate din sania transversală *7* şi sania verticală *8*. Pe ghidajele batiului se deplasează masa maşinii *9*.

Mişcarea principală *I*, executată de masa maşinii, poate fi acţionată mecanic, electro-mecanic sau hidraulic. Lanţul cinematic principal mecanic (fig. 8.4, *a*), constă dintr-un motor M_1, un inversor *I*, o cutie de viteze *CV* şi un angrenaj pinion-cremalieră *z—Cr*. Lanţul cinematic principal electro-mecanic (fig. 8.4, *b*) conţine un agregat Ward-Leonard, format dintr-un motor de curent alternativ *MA*, un generator de curent continuu *GC* şi un motor de curent continuu *MC*, care transmite mişcarea mesei *9* printr-un mecanism de transformare a mişcării de rotaţie în mişcare de translaţie, de exemplu, şurub melc *S*, cremalieră *Cr*. Exploatarea maşinii este mult uşurată de folosirea agregatului Ward-Leonard dînd posibilitatea reglării continue şi în timpul lucrului a vitezei mişcării principale, inversarea sensului mişcării principale făcîndu-se uşor prin schimbarea polarităţii curentului de excitaţie al generatorului de curent continuu.

La toate structurile lanţurilor cinematice principale mişcarea de retragere a mesei se desfăşoară cu o viteză mai mare decît mişcarea de lucru pentru îmbunătăţirea productivităţii prelucrării.

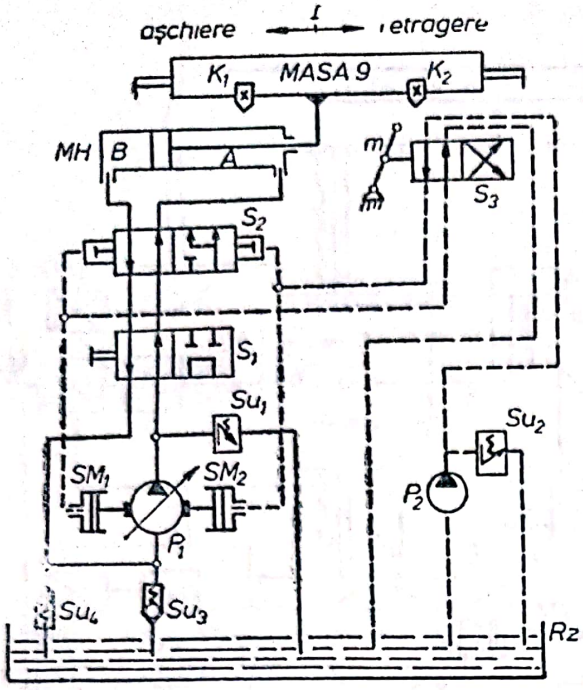


Fig. 8.5. Schema hidraulică a acţionării unei maşini de rabotat longitudinal.

În figura 8.5 este prezentată o variantă de acţionare hidraulică a mişcării principale a mesei unei maşini de rabotat portal. Avantajele folosirii unei astfel de acţionări au fost prezentate în paragraful anterior. Schema hidrostatică este alimentată de către o pompă cu debit variabil P_1, la care comanda modificării debitului refulat o realizează servomotoarele hidraulice prereglate SM_1 şi SM_2. Sertăraşul distribuitor S_1, acţionat manual, comandă pornirea sau oprirea mişcării mesei, iar sertăraşul distribuitor S_2 comandă inversarea sensului de deplasare al mesei, în mişcare de aşchiere sau de retragere. La cursa de aşchiere a mesei, pompa P_1 cu debitul reglat de servomotorul SM_1, în funcţie de viteza de aşchiere necesară, refulează uleiul prin sertăraşele S_1 şi S_2 în camera A a motorului hidraulic MH. Uleiul din camera B se scurge prin aceleaşi sertăraşe fiind recirculat de pompa P_1, iar surplusul de debit este deversat la rezervor prin supapa Su_4. Cursa de retragere a mesei se desfăşoară cu viteză mărită. Mărirea vitezei se obţine simultan prin două moduri şi anume, prin mărirea debitului pompei P_1, mărire comandată de servomotorul SM_2, cît şi prin recircularea uleiului din camera A în camera B a motorului hidraulic MH, recirculare asigurată de sertăraşul distribuitor S_2. Pilotarea sertăraşului S_2, precum şi alimentarea servomotoarelor hidraulice SM_1 şi SM_2, o realizează sertăraşul distribuitor S_3, comandat mecanic prin maneta m, sau electromagnetic, şi opritorii limitatori de cursă K_1 şi K_2. Sistemul hidraulic de comandă este alimentat independent de o pompă cu debit constant P_2.

Mişcările de avans executate de săniile cărucioarelor maşinii (fig. 8.4, *a* sînt corelate electric de mişcarea principală. Limitatorii de cursă ai mesei *9* comandă punerea în funcţiune a motoarelor electrice de acţionare M_2 şi M_4 ale lanţurilor cinematice de avans. Reglarea mărimii avansului o asigură cutiile de avansuri CA_1 şi CA_2, iar discretizarea acestuia o realizează mecanismele de intermitenţă, (deobicei cu clichet) MI_1 şi MI_2. Comutatoarele C_1 şi C_3 distribuie mişcarea de avans intermitent la mecanismele şurub piuliţă, care realizează deplasările săniilor cărucioarelor în mişcările de avans transversal *III* şi *IV* şi de avans vertical *II* şi *V*.

Mişcările de poziţionare ale săniilor cărucioarelor sînt furnizate de motoarele electrice independente M_3 şi M_5, care prin închiderea cuplaje-

Scanned with OKEN Scanner

lor C_2 și C_4, pun în mișcare de deplasare rapidă aceste sănii, asigurînd reglarea inițială a poziției relative între scule și semifabricat.

Poziționarea traversei mobile pe montanții mașinii în mișcarea *VI* o asigură motorul electric M_6 și mecanismele șurub-piuliță corespunzătoare.

8.1.3. Mașini de mortezat, construcția și cinematica lor

Mașinile de mortezat sînt destinate prelucrării în producție individuală sau de serie mică a suprafețelor plane sau profilate, interioare sau exterioare. Mișcarea principală rectilinie alternativă este executată pe direcție verticală, sau uneori înclinată, iar mișcarea de avans este intermitentă și sincronizată cu mișcarea principală.

În figura 8.6 se prezintă construcția și cinematica unor mașini de mortezat în varianta de acționare mecanică sau hidraulică. Pe ghidajele verticale ale batiului *1*, se deplasează în mișcare principală *I*, berbecul *2*, iar pe ghidajele orizontale se deplasează masa formată din sania circulară *3*, sania tangențială *4* și sania radială *5*. Săniile mesei execută mișcările de avans circular *II*, tangențial *III* și respectiv radial *IV*.

Mișcarea principală este furnizată, în varianta mecanică de acționare a mașinii (fig. 8.6, *a*), de motorul electric M_1, este reglată de cutia de viteze *CV* și transmisă prin angrenajele $z_1 - z_2$ unui mecanism de transformare a mișcării de rotație în mișcare de translație de tipul: mecanism bielă-manivelă (MBM), mecanism cu culisă rotativă, mecanism pinion-

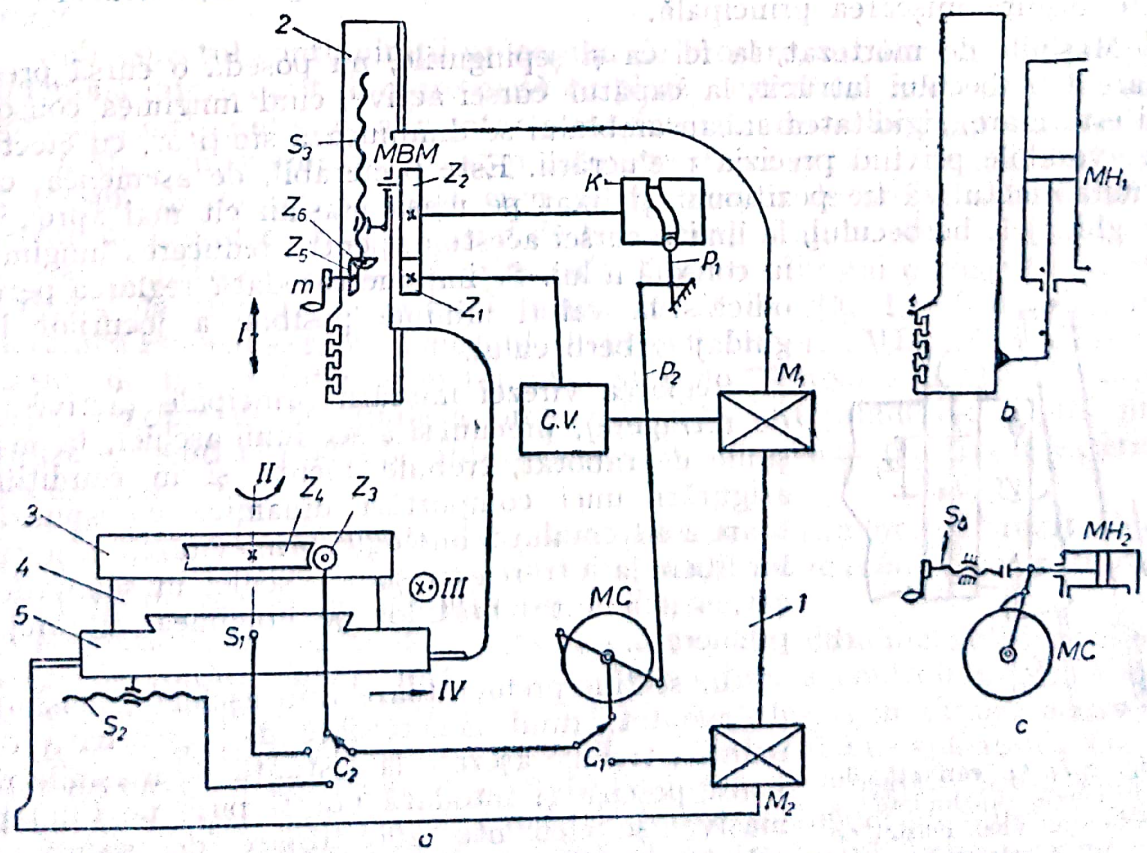


Fig. 8.6. Construcția și cinematica unei mașini de mortezat.

cremalieră sau mecanism şurub-piuliţă. În cazul folosirii mecanismului bielă-manivelă MBM, reglarea lungimii cursei berbecului se realizează prin modificarea lungimii manivelei, respectiv prin modificarea excentricităţii bolţului fixat excentric, într-o culisă pe roata z_2. Reglarea poziţiei cursei berbecului, în raport cu semifabricatul, se obţine modificînd poziţia punctului de legătură între bielă şi berbecul maşinii, modificare efectuată de manivela m, roţile conice $z_5 - z_6$ şi mecanismul şurub-piuliţă S_3. În acest fel berbecul se ridică sau coboară în raport cu piuliţa solidară cu biela mecanismului de acţionare.

Mişcarea de avans este dependentă cinematic rigid de mişcarea principală prin dispunerea pe axul roţii z_2 a unei came longitudinale K. În acest mod, mişcarea de avans este sincronizată cu mişcarea principală, respectiv este efectuată la sfîrşitul cursei de retragere (ridicare) a berbecului. De la cama K, prin pîrghiile p_1 şi p_2, este antrenat mecanismul cu clichet MC, care prin comutatorul C_2 distribuie mişcarea intermitentă săniilor de avans *3*, *4* şi *5*.

Poziţionarea în mişcare rapidă a săniilor mesei maşinii o realizează motorul electric suplimentar M_2 prin comutatoarele C_1 şi C_2.

Maşinile de mortezat acţionate hidraulic asigură mişcarea rectilinie alternativă a berbecului printr-un motor hidraulic cilindru-piston MH_1 (fig. 8.6, *b*). Mişcarea de avans intermitent, la unele construcţii, este furnizată tot de un mecanism cu clichet MC, dar acţionat hidraulic prin motorul MH_2, mărimea avansului fiind reglată de şurubul S_4 (fig. 8.6, *c*).

La unele maşini de mortezat, pentru mărirea posibilităţilor tehnologice ale acestora, berbecul poate fi poziţionat unghiular în mişcarea V, cu unghiu α_1, şi în mişcarea VI, cu unghiul α_2 (fig. 8.7). Aceste construcţii sînt mai rar întîlnite datorită micşorării importante a rigidităţii elementelor care asigură mişcarea principală.

Maşinile de mortezat, la fel ca şi şepingurile, nu posedă o cursă prea mare a berbecului întrucît, la capătul cursei active, cînd lungimea consolei este mare, rigiditatea subansamblului se diminuează simţitor, cu efecte defavorabile privind precizia prelucrării. Este preferabil, de asemenea, ca semifabriactul să fie poziţionat şi fixat pe masa maşinii cît mai aproape de ghidajele berbecului, la limita cursei acestuia, pentru reducerea lungimii în consolă a lui. Se impune totodată reglarea periodică şi la valori minime posibile a jocurilor în ghidajele berbecului.

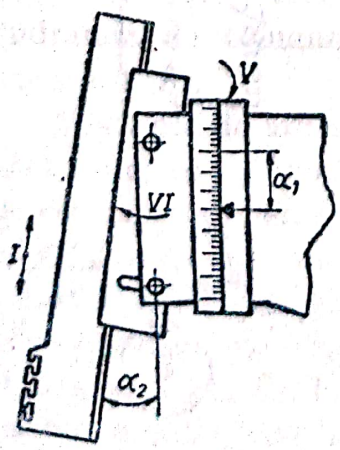


Fig. 8.7. O variantă de poziţionare unghiulară a berbecului unei maşini de mortezat.

Reglarea vitezei mişcării principale (active şi de retragere), precum şi a secţiunii aşchiei, la maşinile de rabotat, trebuie făcută şi în condiţiile asigurării unei comportări dinamice corespunzătoare a sistemului tehnologic, prin evitarea vibraţiilor libere la intrarea cu şoc a sculei în semifabricat, sau a autovibraţiilor pe lungimea suprafeţei prelucrate.

În secţiile prelucrătoare prin aşchiere, maşinile de rabotat, fiind generatoare de perturbaţii dinamice, trebuie aşezate la distanţă de maşinile de înaltă precizie şi totodată vor fi puse pe fundaţii masive şi elemente amortizoare de şocuri şi vibraţii.

Scanned with OKEN Scanner

8.2. MAŞINI DE BROŞAT

8.2.1. Construcţia, cinematica şi tehnologia prelucrării

Maşinile de broşat sînt destinate prelucrării în producţia de serie mare şi masă a suprafeţelor interioare şi exterioare la semifabricatele cu pretenţii de precizie şi calitate a suprafeţelor. Această destinaţie a maşinilor rezidă în aceea că ele realizează o înaltă productivitate a operaţiei, productivitate pusă pe seama geometriei sculei aşchietoare şi a timpilor auxiliari relativ mici. Maşinile de broşat sînt printre puţinile maşini-unelte care nu dispun de mişcări de avans, avansul fiind asigurat prin supraînălţarea dinţilor broşei. Maşinile dispun de o singură mişcare generatoare şi anume mişcarea principală. Ca atare, datorită numărului mare de dinţi, ce se succed rapid în procesul de aşchiere, şi a preciziei şi calităţii sculei, prelucrarea pe aceste maşini asigură indicatori tehnici şi economici superiori. În plus, deservirea maşinilor de broşat poate fi făcută de operatori cu calificare mai redusă.

În schimb, prelucrarea pe aceste maşini are dezavantajul necesităţii confecţionării unor scule (broşe) pretenţioase, cu cost de producţie ridicat şi durabilitate relativ scăzută. Aceste dezavantaje sînt anulate sau atenuate sub aspect economic numai în cazul producţiei de serie mare şi masă.

Maşinile de broşat, în funcţie de poziţia suprafeţei prelucrate, sînt maşini de broşat interior, maşini de broşat exterior şi maşini de broşat universale (exterior şi interior).

În funcţie de direcţia mişcării principale se disting maşini de broşat orizontale şi maşini de broşat verticale. Din punct de vedere al elementului care execută mişcarea principală distingem maşini de broşat la care broşa execută mişcarea principală, iar semifabricatul este fix şi maşini de broşat cu broşă fixă şi semifabricat sau semifabricate antrenate în mişcare principală.

Sub aspectul continuităţii procesului de broşare, maşinile de broşat pot funcţiona intermitent (broşare piesă cu piesă), cazul cel mai răspîndit, sau pot funcţiona continuu, alimentarea maşinii făcîndu-se în timpul mersului.

În afara maşinilor de broşat prezentate, de uz general, se mai întîlnesc şi maşini de broşat speciale cum ar fi: maşini de broşat arbori cotiţi, maşini de broşat elicoidal, maşini de broşat roţi dinţate etc.

Caracteristica tehnologică principală a acestor maşini o constituie forţa maximă de broşare, exprimată uzual în tone-forţă. La Întreprinderea mecanică Plopeni se fabrică maşinile de broşat MB—10; MB—15 şi MB—20, maşini de broşat interior orizontale, cifra din simbol avînd semnificaţia forţei maxime de tracţiune a broşei. În alte intreprinderi din ţară sînt realizate, pentru producţia internă, o serie de maşini de broşat exterior sau circular.

Alţi parametri geometrici de exploatare ai maşinilor de broşat sînt: dimensiunile maxime ale semifabricatului, lungimea maximă a cursei broşei, dimensiunile sistemului de prindere al broşei etc.

Majoritatea maşinilor de broşat sînt acţionate hidraulic avînd posibilitatea dezvoltării unor forţe mari de broşare, a controlului şi reglării riguroase a forţei de broşare şi a variaţiei continue şi în timpul mersului a vitezei mişcării principale. O deosebită importanţă în exploatarea maşinilor de broşat o are reglarea şi controlul forţei de broşare. Ţinînd seama că aceste maşini lucrează cu broşe de forme şi dimensiuni diferite, este necesar ca forţa dezvoltată de maşină să fie inferioară forţei maxime la

Scanned with OKEN Scanner

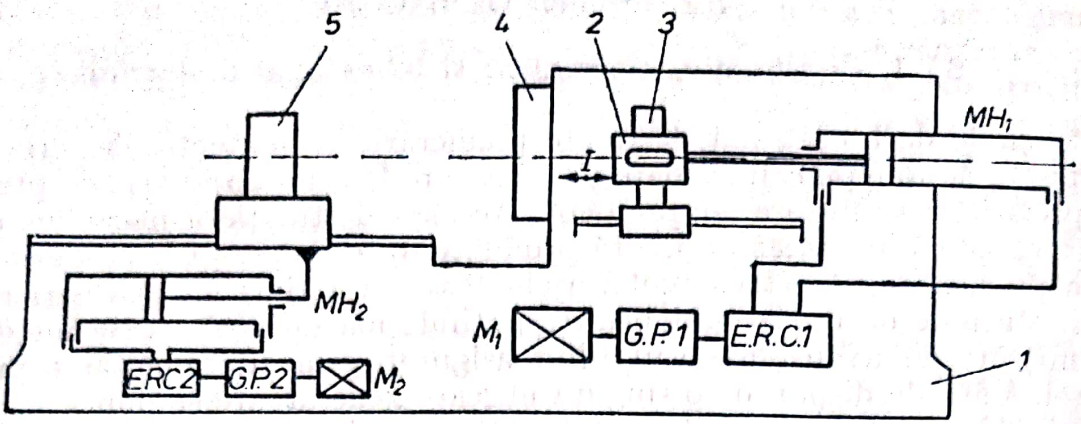


Fig. 8.8. Construcţia şi cinematica unei maşini de broşat interior.

care rezistă broşa sau uneori piesa. În acest sens, supapele de siguranţă ale schemei hidraulice, înaintea începerii operaţiei, vor fi reglate la presiuni de lucru care să asigure forţele necesare exploatării corecte a maşinii.

În figura 8.8 sînt prezentate părţile componente principale şi cinematica unei maşini orizontale de broşat interior. Maşina este formată din batiul *1*, în interiorul căruia se află dispozitivul de prindere *2* al broşei, sprijinit pe sania *3*. Semifabricatul de broşat este bazat în dispozitivul *4*. Pe ghidajele exterioare ale batiului se află sania *5* de sprijin a broşei, prevăzută uneori şi cu un dispozitiv de fixare al sculei. Mişcarea principală *I* este acţionată de motorul hidraulic rectiliniu MH_1, comandat prin echipamentul de reglare şi comandă ERC_1, alimentat de grupul de pompare GP_1, antrenat de motorul electric M_1. Sania *5* de sprijin şi fixare a broşei este uneori şi ea acţionată hidraulic printr-un motor MH_2, comandat de echipamentul de reglare şi comandă ERC_2, alimentat de grupul de pompare GP_2, acţionat de motorul electric M_2.

Tehnologia prelucrării pe aceste tipuri de maşini de broşat, cuprinde următoarele faze (fig. 8.9):

a — se fixează broşa în sania de sprijin *5*, iar semifabricatul se bazează în dispozitivul de broşare;

b — se fixează broşa în dispozitivul de prindere *2* şi se centrează în interiorul alezajului semifabricatului;

c — este acţionată mişcarea principală, broşa este trasă prin alezajul piesei, sania *5* rămîne oprită la capăt de cursă datorită limitatorului L_1;

d — piesa este scoasă, iar broşa efectuează cursa de retragere, fiind sprijinită şi fixată în sania *5*;

e — la sfîrşitul cursei mişcării de retragere, limitatorul L_2 eliberează broşa din dispozitivul de prindere *2*;

f — broşa este adusă în poziţia iniţială de către sania *5*, iar ciclul se repetă.

În figura 8.10 este prezentată construcţia şi cinematica unei maşini de broşat universale (exterior şi interior) pe direcţie verticală. Ea este compusă din batiul *1*, prevăzut cu montant *2*, pe ghidajele căruia se deplasează sania port-broşă *3*. Pe masa *4* a maşinii se fixează semifabricatul de prelucrat. Pe sania *3* se fixează broşa care în urma mişcării principale *I* prelucrează semifabricatul fixat pe masa *4*. La ridicarea broşei masa se retrage, executînd mişcarea de excamotoare *II*. Tot pe sania *3* poate fi fixat un cap *5* pentru broşare interioară, care execută operaţia de tragere a broşei prin alezajul piesei şi al mesei maşinii.

Scanned with OKEN Scanner

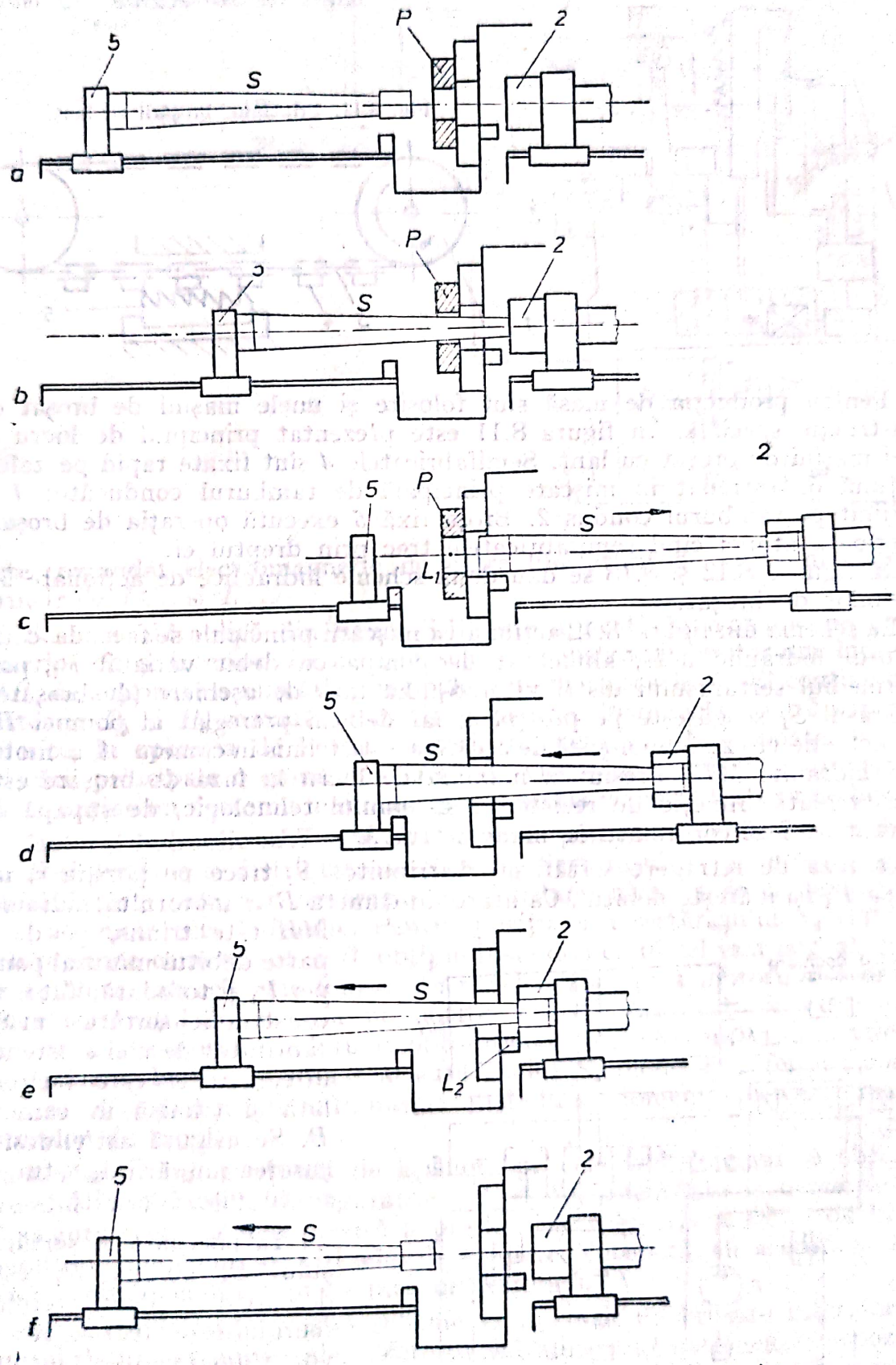


Fig. 8.9. Fazele prelucrării pe mașinile de broșat interior.

Scanned with OKEN Scanner

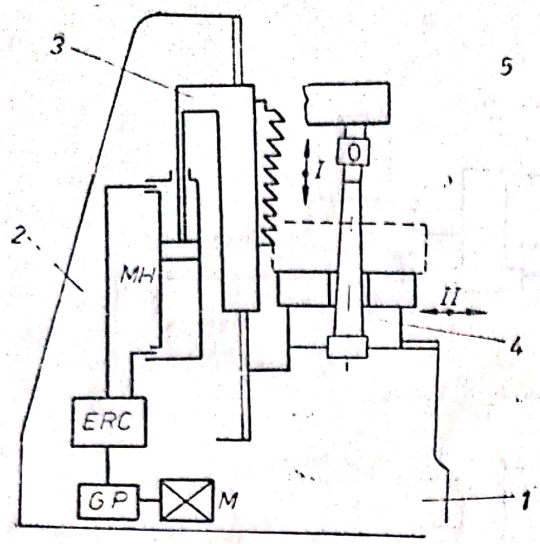
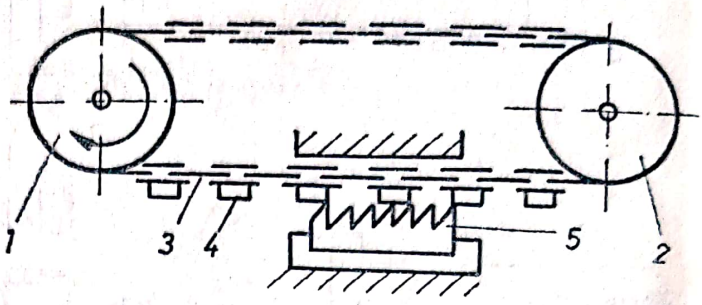


Fig. 8.10. Construcția și cinematica mașinilor de broșat verticale exterior.

Fig. 8.11. Principiu broșării cu lanț.



Pentru producția de masă sînt folosite și unele mașini de broșat de construcție specială. În figura 8.11 este prezentat principiul de lucru al unei mașini de broșat cu lanț. Semifabricatele *4* sînt fixate rapid pe zalele lanțului *3*, antrenat în mișcare principală de tamburul conducător *1* și sprijinit pe tamburul condus *2*. Broșa fixă *5* execută operația de broșare exterioară atunci cînd semifabricatele trec prin dreptul ei.

În figurile 8.12 și 8.13 se dau două scheme hidraulice de acționare ale mașinilor de broșat.

La schema din figura 8.12 acțiunarea mișcării principale se face de către motorul hidraulic MH, alimentat de pompa cu debit variabil P_1, prin intermediul sertărașului distribuitor S_1. La faza de așchiere (de broșare), sertărașul S_1 se găsește pe poziția a, iar debitul prereglat al pompei P_1, în funcție de viteza tehnologică de așchiere, este trimis în camera A a motorului hidraulic MH. Presiunea maximă de lucru la faza de broșare este precis reglată, funcție de rezistența sistemului tehnologic, de supapa de siguranță SS și controlată la manometrul M.

La faza de retragere sertărașul distribuitor S_1 trece pe poziția c, iar pompa P_1 își mărește debitul. Ca atare, în camera B a motorului hidraulic MH este trimis, pe de o parte debitul mărit al pompei P_1 și totodată, datorită construcției sertărașului S_1, cantitatea de ulei existentă în camera A este recirculată și trimisă în camera B. Se asigură astfel desfășurarea mișcării de retragere cu viteză mărită.

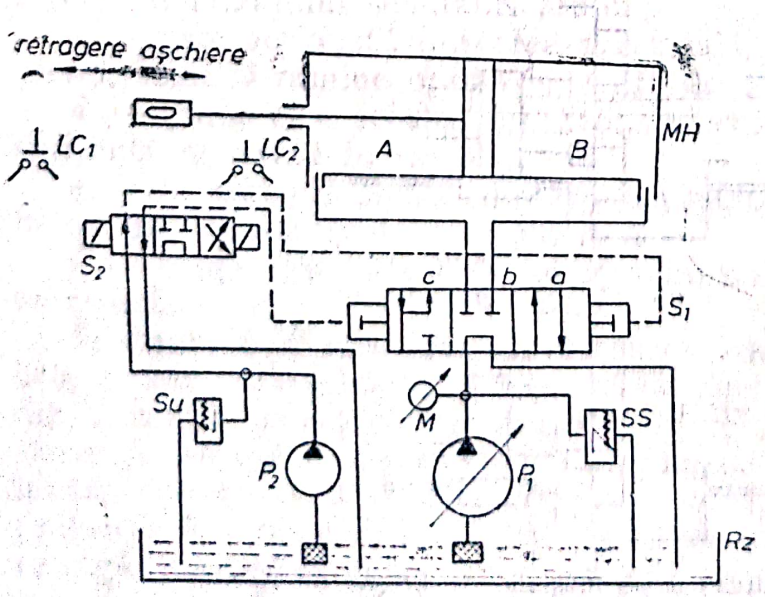


Fig. 8.12. Schema hidraulică de acționare a unei mașini de broșat interior.

În poziția b a sertărașului S_1 pompa P_1 este descărcată, uleiul refulat scurgîndu-se liber la rezervor. Comanda sertărașului S_1 se realizează prin sertărașul pilot S_2, alimentat de la pompa P_2. Sertărașul S_2

Scanned with OKEN Scanner

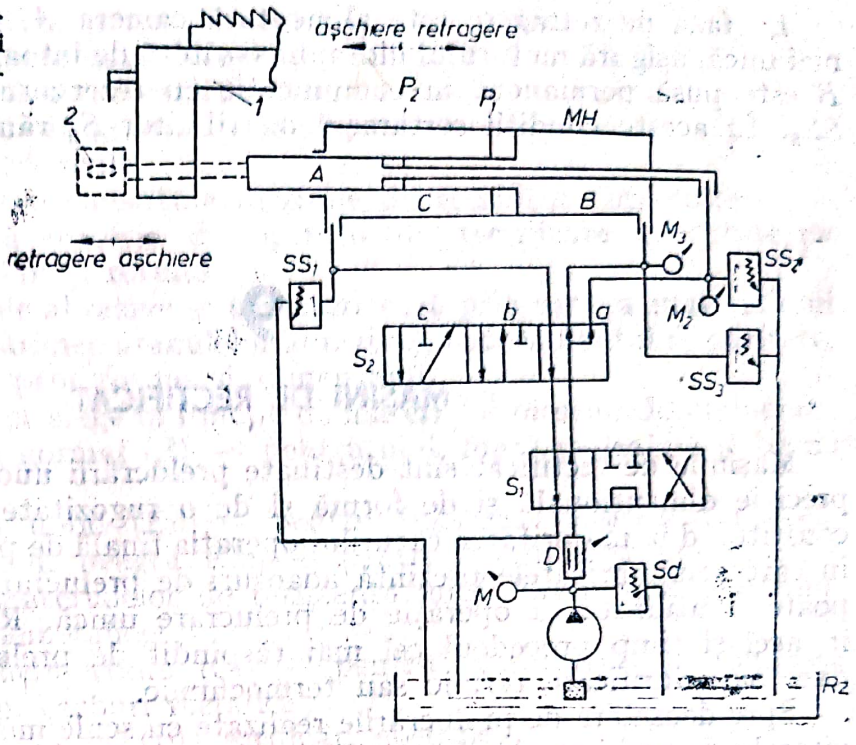


Fig. 8.13. Schema hidraulică de acționare a unei mașini de broșat universale.

este comandat electromagnetic de către limitatorii de cursă ai mișcării principale LC_1 și LC_2.

Schema hidraulică din figura 8.13 este aplicată la mașinile de broșat exterior cît și interior. La această schemă construcția motorului hidraulic MH, de acționare a mișcării principale, este mai deosebită. El conține două pistoane P_1 și P_2 coaxiale și cu tijele găurite. Pistoanele, avînd suprafețe diferite, la operația de broșare exterioară, cu sania *1*, se poate imprima mișcării principale o gamă mai largă de viteze de așchiere și totodată se poate obține un domeniu mai mare și mai precis reglat al forțelor de broșare.

Motorul hidraulic MH este alimentat de pompa cu debit P prin droselul D și sertărașele distribuitoare S_1 și S_2. Sertărașul S_1 inversează sensul mișcării principale, iar sertărașul S_2 distribuie uleiul spre camerele A, B și C ale motorului hidraulic. Pentru poziția a a sertărașului S_2 sînt puse sub presiune camerele A și B, obținîndu-se domeniul cel mai mic al vitezei de așchiere, întrucît este folosită întreaga suprafață a motorului hidraulic. Dacă sertărașul S_2 se află pe poziția b, este pusă sub presiune numai camera B a motorului hidraulic, obținîndu-se domeniul mijlociu al vitezelor de așchiere. Pentru poziția c a sertărașului S_2 uleiul este refulat doar în camera A a motorului hidraulic, realizîndu-se domeniul cel mai mare al vitezelor de lucru.

Reglarea fină a vitezei de așchiere pe cele trei domenii se obține cu droselul D. Supapele de siguranță SS_2 și SS_3 racordate la camerele A și B asigură reglarea mai precisă a presiunii și respectiv a forței de broșare pe diferitele domenii ale vitezelor de așchiere. Totodată, ele asigură și deversarea uleiului la rezervor în faza de retragere.

În cazul folosirii acestei scheme la operații de broșare interioară (pe mașini de broșat universale), motorul hidraulic MH acționează dispozitivul de prindere al broșei *2*. Pentru faza de așchiere, este alimentată doar camera C a motorului hidraulic, reglarea vitezei făcîndu-se prin droselul D, iar a forței de broșare prin supapa de siguranță SS_1.

Scanned with OKEN Scanner

La faza de retragere este alimentată camera A, care avînd suprafaţă mai mică, asigură motorului hidraulic o viteză de întoarcere mărită. Camera B este pusă permanent în comunicaţie cu rezervorul, deschizînd supapa SS_3. În aceste condiţii sertăraşul distribuitor S_2 rămîne pe poziţia c.

9

MAŞINI DE RECTIFICAT

Maşinile de rectificat sînt destinate prelucrării unor suprafeţe de înaltă precizie dimensională şi de formă şi de o rugozitate scăzută, rectificarea constituind în majoritatea cazurilor operaţia finală de prelucrare. În situaţia în care semifabricatele prezintă adaosuri de prelucrare reduse, rectificarea poate fi utilizată ca operaţie de prelucrare unică. Rectificarea constituie în acelaşi timp procedeul cel mai răspîndit de prelucrare a materialelor dure sau durificate termic sau termochimic.

Spre deosebire de prelucrările realizate cu scule metalice sau cu carburi, vitezele de aşchiere sînt la rectificare mult mai mari (25—50 m/s), limitele superioare fiind în prezent în tendinţă de creştere. Obstacolele care stau în faţa sporirii vitezei de rectificare sînt legate de dificultatea realizării unei foarte bune echilibrări dinamice a discului abraziv şi mai ales de menţinerea echilibrării în timpul exploatării. Turaţiile foarte înalte impun de asemenea pretenţii deosebite faţă de calitatea lagărelor arborelui port-piatră şi fac necesare măsuri speciale de protecţie în cazul spargerii discului abraziv. Vitezele periferice ridicate impun utilizarea unor discuri de calitate, testate în condiţii speciale.

Realizarea unor suprafeţe rectificate de înaltă precizie şi de o calitate superioară impune maşinilor de rectificat o rigiditate ridicată, o precizie înaltă a lagărelor şi ghidajelor şi un mers liniştit, fără trepidaţii sau şocuri.

Maşinile de rectificat prezintă o mare varietate constructivă şi funcţională. După forma geometrică a suprafeţei de prelucrat, maşinile de rectificat se pot clasifica după cum urmează:

1. Maşini de rectificat plan:

a) Maşini de rectificat plan orizontale (tangenţiale) cu masă dreptunghiulară;

b) Maşini de rectificat plan verticale cu masă dreptunghiulară;

c) Maşini de rectificat plan longitudinale;

d) Maşini de rectificat plan orizontale cu masă rotitivă cu ax orizontal sau vertical;

e) Maşini de rectificat plan verticale cu masă rotativă cu ax vertical.

2. Maşini de rectificat rotund:

a) Maşini de rectificat rotund exterior cu vîrfuri;

b) Maşini de rectificat rotund interior;

c) Maşini de rectificat fără vîrfuri exterior şi interior;

d) Maşini de rectificat rotund universale.

3. Maşini de rectificat speciale:

a) Maşini de rectificat filete;

b) Maşini de rectificat profiluri;

Scanned with OKEN Scanner

c) Maşini de rectificat găuri de centrare;
d) Maşini de rectificat arbori cotiţi;
e) Maşini de rectificat arbori canelaţi;
f) Maşini de rectificat arbori cu came;
g) Maşini de ascuţit scule.

O categorie aparte o constituie maşinile de rectificat roţi dinţate.

Figura 9.1 prezintă o serie de operaţii de rectificare executate pe maşini de rectificat plan şi rotund.

Discurile şi corpurile abrazive se caracterizează prin natura materialului abraziv, granulaţie (mărimea granulelor abrazive), natura liantului, duritate, structură, precum şi prin forme şi dimensiuni.

Materialul abraziv se alege în funcţie de materialul pieselor de prelucrat:

— electrocorindon normal (E) — pentru oţel, fontă maleabilă şi bronz dur;

— electrocorindon nobil (En) — pentru finisarea pieselor din oţel;

— carbură de siliciu neagră (Cn) — pentru rectificarea materialelor casante (fontă) şi a materialelor de rezistenţă mică (bronz moale, alamă, aluminiu, materiale nemetalice);

— carbură de siliciu verde (Cv) — pentru rectificarea şi ascuţirea sculelor cu plăcuţe din carburi metalice;

— diamant tehnic — pentru rectificări speciale.

Granulaţia discului de rectificat depinde de proprietăţile materialului de rectificat; în general se folosesc discuri de o granulaţie mai mare la materiale maleabile şi de granulaţie mai fină la prelucrarea materialelor dure şi friabile.

Granulaţia determină rugozitatea suprafeţelor rectificate; astfel, granulaţiile de 10, 12, 16, 20 ochiuri de sită pe ţol sînt utilizate pentru debavurări, cele de 24, 30 şi 36 pentru degroşări, iar cele de 46, 54, 60 şi 80 pentru finisări.

Liantul conferă discului abraziv rezistenţă mecanică şi capacitate de aşchiere. Lianţii cei mai răspîndiţi sînt cei ceramici, utilizaţi la toate tipurile de rectificări. Discuri cu lianţi pe bază de bachelită sînt folosite pentru rectificări de finisare şi la prelucrări cu viteze mari.

Prin duritatea pietrei de rectificat se înţelege rezistenţa pe care o opune complexul liant — material abraziv la acţiunea de desprindere a granulelor. Duritatea corpurilor abrazive este standardizată, simbolurile utilizate pentru indicarea durităţii fiind cele din tabelul 9.1.

În alegerea durităţii discului trebuie să se respecte în general regula: material dur — disc abraziv moale şi invers. Dacă duritatea discului este mai mare decît cea necesară, granulele abrazive cu muchii uzate vor fi reţinute în continuare de liant, ceea ce duce la îmbîcsirea discului, la supraîncălzirea suprafeţei piesei şi impune reascuţiri dese. Dimpotrivă, dacă duritatea discului este mai mică decît cea necesară, granulele se desprind

Tabelul 9.1

Grupa de duritate				
Foarte moale	Moale	Mijlocie	Tare	Foarte tare
E F G	H I J K	L M N O	P Q R S	T U V

Scanned with OKEN Scanner

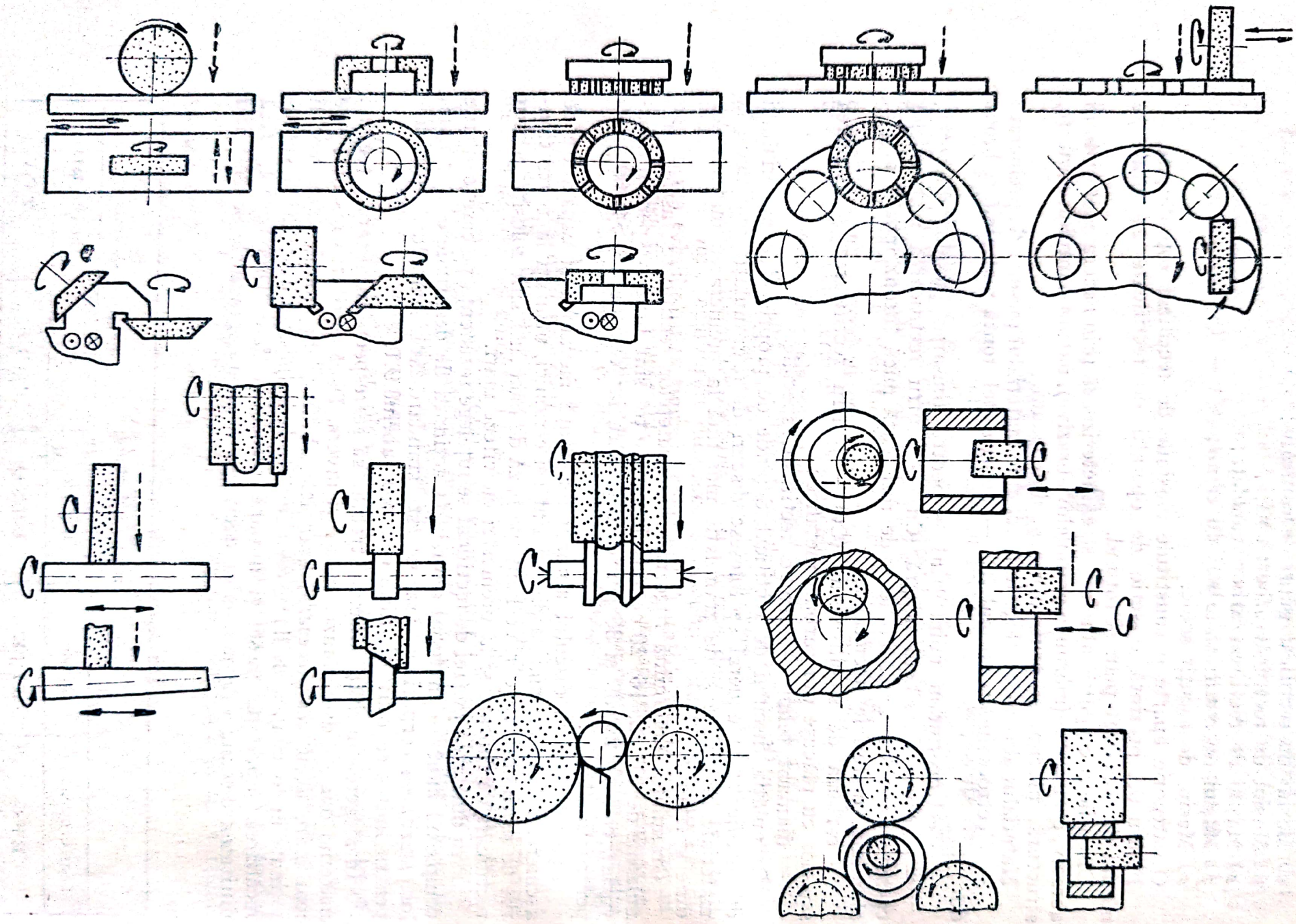


Fig. 9.1. Operaţii de rectificare.

Scanned with OKEN Scanner

înainte ca muchiile lor să-şi piardă capacitatea de aşchiere, ceea ce duce la o uzură prematură, la un consum neeconomic de scule abrazive şi la rugozităţi mari ale suprafeţelor prelucrate.

Structura sculelor abrazive indică raportul între volumul porilor şi volumul total al discului abraziv. Discurile abrazive cu structura mai poroasă au capacitate de aşchiere mai bună decît cele mai dense. Ele se îmbîcsesc mai greu, dar se uzează mai repede decît cele cu pori mai mici.

Comportarea în exploatare a corpurilor abrazive depinde şi de caracteristicile procesului de rectificare, astfel înctît elaborarea unor indicaţii foarte precise de utilizare a corpurilor de rectificat este dificilă. Se recomandă în consecinţă o permanentă adaptare în alegerea caracteristicilor discurilor la experienţa rezultată din exploatare.

9.1. MAŞINI DE RECTIFICAT PLAN

Maşinile de rectificat plan sînt destinate prelucrării suprafeţelor plane orizontale, verticale sau înclinate, precum şi la rectificarea unor suprafeţe profilate, caz în care se utilizează discuri de rectificat cu periferia profilată.

Prelucrarea suprafeţelor plane se efectuează cu periferia corpului abraziv sau cu partea sa frontală (v. fig. 9.1). Rectificarea plană constituie în majoritatea cazurilor operaţia de finisare a unor suprafeţe anterior degroşate prin frezare sau rabotare. Dacă piesele prezintă adaosuri de prelucrare mici sau au suprafeţe cu crustă dură, rectificarea poate fi utilizată atît pentru degroşare, cît şi pentru finisare.

Maşinile de rectificat plan cele mai răspîndite sînt cele cu ax orizontal şi masă dreptunghiulară (fig. 9.2). Ele prelucrează în special suprafeţe plane orizontale, dar pot fi utilizate şi pentru rectificarea unor suprafeţe profilate, caz în care periferia discului abraziv se profilează cu ajutorul unor role (molete) sau prin diamantare, utilizînd dispozitive de copiere după şablon.

Pe ghidajele longitudinale ale batiului *B* al maşinii se deplasează în mişcare rectilinie alternativă masa *M*. Piesele se aşază pe un platou magnetic *Pm* fixat pe masa maşinii sau în dispozitive speciale. Pe montantul

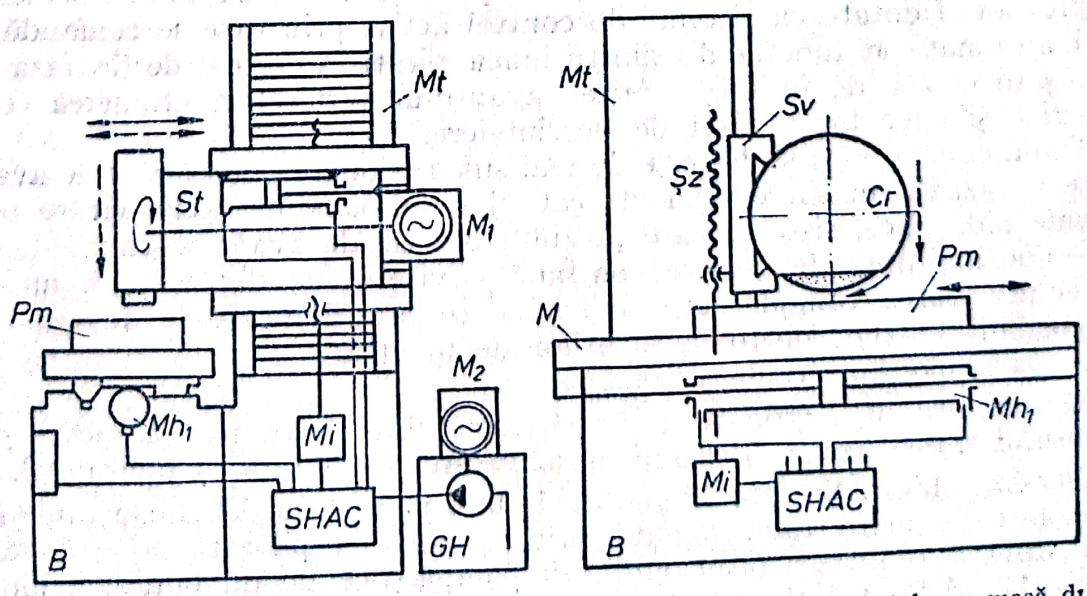


Fig. 9.2. Construcţia şi acţionarea unei maşini de rectificat plan orizontale cu masă dreptunghiulară.

Mt plasat în spatele batiului se deplasează sania verticală *Sv*, care susţine pe ghidaje sania transversală *St* cu capul de rectificare *Cr*.

Construcţia prezentată constituie doar o variantă. La alte variante constructive de maşini de rectificat plan orizontale mişcarea relativă pe direcţie transversală între discul abraziv şi piesă este soluţionată prin montarea mesei maşinii pe o sanie transversală, susţinută pe ghidajele batiului. Avansul transversal fiind în acest caz executat de piesă, discul abraziv efectuează numai mişcarea de avans vertical. Există de asemenea construcţii la care batiul în formă de *T* este prevăzut în partea superioară cu două rînduri de ghidaje, perpendiculare între ele. Pe ghidajele longitudinale se deplasează masa maşinii, iar pe cele transversale montantul.

Mişcarea principală, de rotaţie a discului abraziv, este acţionată de motorul M_1, montat de obicei chiar pe arborele principal.

Deplasarea mesei în mişcare rectilinie alternativă se acţionează printr-un motor hidraulic liniar Mh_1, alimentat prin sistemul hidraulic de acţionare şi comandă *SHAC*.

Avansul transversal poate avea un caracter intermitent, executîndu-se la unul sau la ambele capete de cursă ale mesei, sau continuu. Această mişcare poate fi acţionată prin sisteme hidraulice, mecano-hidraulice (de exemplu prin motor hidraulic oscilant şi mecanism cu clichet şi roată de clichet), electro-mecanice (electromagnet şi mecanism cu clichet) sau prin motoare electrice pas cu pas. La maşina prezentată în figură acţionarea avansului transversal se realizează pin motorul hidraulic liniar Mh_2, alimentat prin sistemul hidraulic de acţionare şi comandă.

Avansul vertical se execută de obicei la capetele cursei transversale la prelucrarea suprafeţelor plane, iar în cazul în care se lucrează fără avans transversal (de exemplu la rectificarea suprafeţelor profilate), la capetele de cursă ale mişcării mesei. Acţionarea acestei mişcări se realizează prin intermediul unor mecanisme de generare a mişcărilor intermitente *Mi*, mecanisme care pot fi de acelaşi tip ca şi cele menţionate la acţionarea avansului transversal, şi prin şurubul conducător al saniei verticale $Ş_z$.

Deplasarea pe direcţie verticală a discului de rectificat se execută la maşinile de rectificat plan moderne cu precizia de 0,001 mm. Asemenea maşini pot fi dotate cu sisteme de control activ, prin care se comandă în mod automat, în funcţie de dimensiunea piesei, trecerea de la faza de degroşare la cea de finisare, oprirea avansului vertical la atingerea cotei prescrise şi executarea fazei de descînteiere.

După cum rezultă şi din cele de mai sus, acţionarea mişcărilor de avans se realizează la maşinile de rectificat plan aproape în exclusivitate prin sisteme hidraulice, sisteme care prezintă o serie de avantaje ca:

— posibilitatea de reglare continuă a vitezei de deplasare a mesei;
— inversarea comodă, cu comenzi date prin limitatoare de cursă şi cu posibilitatea de control a şocurilor de inversare;
— largi posibilităţi de automatizare.

O variantă de acţionare a mişcării rectilinii-alternative a mesei şi a avansului transversal al discului abraziv este prezentată în figura 9.3.

Sistemul hidraulic este alimentat de la o pompă cu debit constant P_{dc}, presiunea de lucru fiind reglată printr-o supapă pilotată S_p, prin care trece diferenţa dintre debitul refulat de pompă şi cel de alimentare a motorului Mh_1, debit reglat prin droselul *Dr* de pe conducta de retur a motorului. Dacă se deschide distribuitorul de descărcare *Dds* supapa pilotată

Scanned with OKEN Scanner

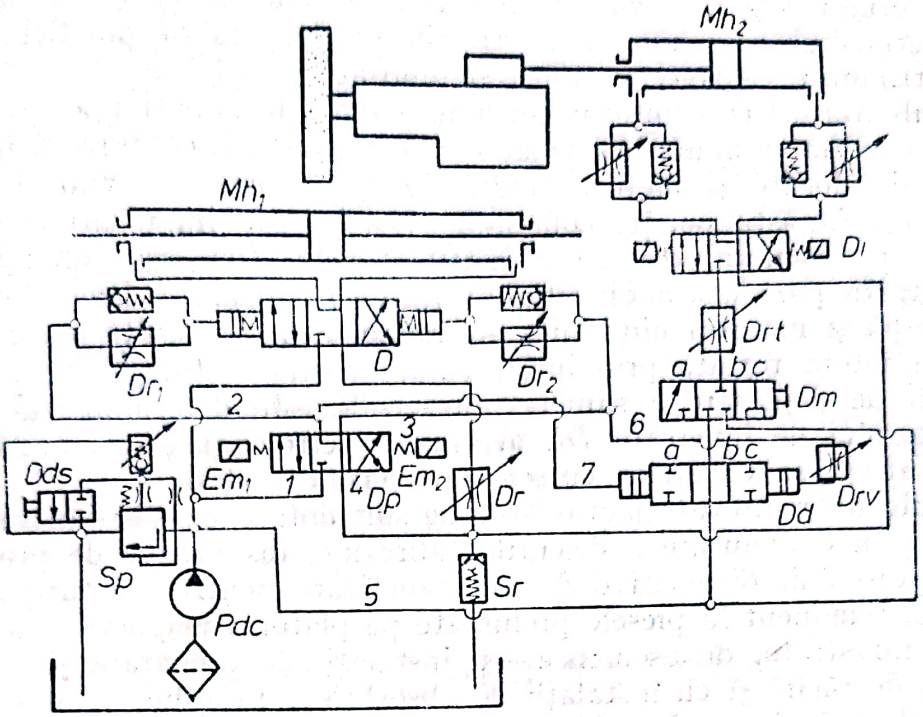


Fig. 9.3. Sistemul hidraulic de acționare al unei mașini de rectificat plan orizontale cu masă dreptunghiulară.

se deschide complet și lichidul refulat de pompă revine în rezervor. Se descarcă astfel întregul sistem hidrostatic în perioadele în care mișcările acționate de sistem sînt întrerupte.

Distribuția lichidului în partea stîngă sau dreaptă a motorului Mh_1 se realizează prin distribuitorul *D*, comandat printr-un distribuitor pilot *Dp*. Uleiul ajunge de la pompă prin conducta *1* la distribuitorul pilot și este dirijat spre ieșirile *2* sau *3*, în funcție de alimentarea electromagneților Em_1 sau Em_2. Cei doi electromagneți, care comandă inversarea sensului de deplasare a motorului de acționare a mesei, sînt acționați prin închiderea unor microcontacte de către limitatoarele de cursă ale mesei mașinii.

De la distribuitorul pilot *Dp* lichidul trece în partea stîngă sau dreaptă a distribuitorului principal *D*, deplasînd sertarul acestuia dintr-o poziție în cealaltă cu o viteză reglată prin intermediul droselelor de frînare Dr_1 și Dr_2. Viteza de trecere a sertarului distribuitorului dintr-o poziție în cealaltă constituie factorul hotărîtor în dinamica inversării motorului. Șocurile produse la capetele cursei pot fi reduse prin micșorarea secțiunii de trecere a droselelor de frînare ; o inversare prea lentă reduce, însă, productivitatea prelucrării deoarece în timpul inversării contactul între discul abraziv și piesă este întrerupt.

Supapa de reținere *Sr* împiedică golirea circuitului în perioadele în care mașina nu funcționează.

Circuitul de acționare a avansului transversal al discului abraziv este conectat la sistemul de acționare a mișcării rectilinii-alternative a mesei prin conductele *5*, *6* și *7*.

În momentul în care distribuitorul pilot *Dp* își schimbă poziția, deci la capetele de cursă ale mesei, uleiul trece nu numai spre distribuitorul principal *D*, ci și spre unul din capetele distribuitorului de dozare *Dd*. Sertarul distribuitorului se deplasează între cele două poziții închise ale

distribuitorului *a* şi *c*, trecînd prin poziţia deschisă *b* cu o viteză reglată prin intermediul droselului *Drv*. În timpul traversării poziţiei deschise prin distribuitor va trece o cantitate limitată de ulei.

Distribuitorul *Dm*, montat în continuare în circuit, are trei poziţii în care poate fi comutat manual. În poziţia *a* se realizează legătura între distribuitorul de dozare şi motorul hidraulic de acţionare a avansului transversal Mh_2. Această poziţie comandă avansul prin impulsuri la capetele de cursă ale mesei. În poziţia *b* a distribuitorului *Dm*, avansul transversal este oprit. În poziţia *c* a distribuitorului se realizează o legătură directă între pompă şi motorul hidraulic, obţinîndu-se un avans transversal continuu, cu viteza reglată prin intermediul droselului *Drt*.

Sensul de deplasare a saniei transversale este determinat de poziţia distribuitorului de inversare *Di*, ai cărui electromagneţi comandă inversarea la atingerea capetelor cursei transversale reglate.

Maşinile de rectificat plan orizontale sînt dotate cu dispozitive de îndreptare prin diamantare a discurilor abrazive, dispozitive de profilare a periferiei discului, dispozitive de demagnetizare pentru înlăturarea magnetismului remanent la piesele prelucrate pe platouri magnetice etc. Maşinile sînt înzestrate, de asemenea, cu instalaţii de preparare şi filtrare a lichidului de răcire şi cu instalaţii de absorbţie a prafului.

O problemă de o deosebită importanţă pentru buna funcţionare a maşinilor de rectificat o constituie echilibrarea corpurilor abrazive. Turaţiile înalte ale acestora duc, mai ales la discurile de dimensiuni mari, la solicitări dinamice deosebite, care generează vibraţii prin care este afectată calitatea suprafeţei prelucrate, este redusă precizia şi fiabilitatea maşinii şi care duc uneori la spargerea discului. Echilibrarea statică, cu greutăţi de echilibrare, executată în mod curent la maşinile de rectificat, nu este suficientă la maşinile de înaltă precizie şi mai ales la cele care lucrează cu turaţii înalte ale discului. Discul abraziv se dezechilibrează datorită uzurii neuniforme produse în timpul utilizării, iar îndreptarea periodică prin diamantare la apariţia vibraţiilor are rezultate limitate întrucît prin restabilirea circularităţii discului nu se restabileşte în mod obligatoriu şi echilibrul său. Din acest motiv, la unele construcţii moderne de maşini de rectificat s-au introdus sisteme de echilibrare dinamică în timpul mersului, prin elemente montate împreună cu discul abraziv pe arborele portpiatră al maşinii. Asemenea sisteme se utilizează şi la maşinile de rectificat rotund exterior cu vîrfuri sau fără vîrfuri.

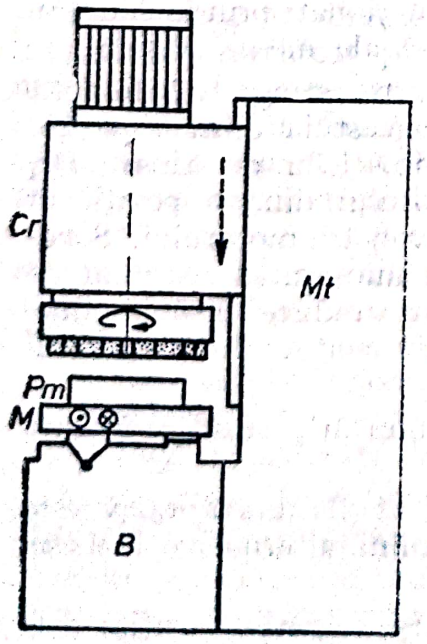


Fig. 9.4. Construcţia unei maşini de rectificat plan verticale cu masă dreptunghiulară.

Maşinile de rectificat plan verticale prelucrează în general numai suprafeţe plane orizontale. La maşinile verticale cu masă dreptunghiulară (fig. 9.4), diametrul sculei depăşeşte de obicei lăţimea de lucru a mesei, astfel încît mişcarea de avans transversal nu mai este necesară. Aceste maşini utilizează ca scule pietre oală sau segmenţi abrazivi montaţi într-un cap portsegmenţi. Ele se caracterizează printr-o productivitate superioară celei a maşinilor orizontale, au o putere mai mare şi permit utilizarea unor regimuri de prelucrare intensive.

Scanned with OKEN Scanner

Mașinile de rectificat plan longitudinal (fig. 9.5), numite și mașini de rectificat ghidaje, prelucrează piese de lungimi mari ca batiuri, montanți, mese ale mașinilor-unelte etc. Prelucrarea se execută cu două sau mai multe capete de rectificat, simultan sau succesiv dintr-o singură prindere, ceea ce asigură paralelismul suprafețelor rectificate. În cazul mașinilor de rectificat ghidaje destinate prelucrării prin rectificare a unor piese foarte mari (de ex. batiurile unor mașini de rabotat, frezat sau rectificat longitudinal de dimensiuni mari) se utilizează mașini de rectificat longitudinal cu masă fixă (placă de așezare), deplasarea pe direcție longitudinală fiind executată de către montanți.

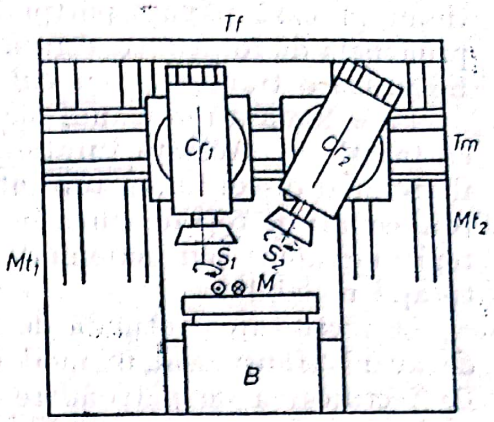


Fig. 9.5. Construcția unei mașini de rectificat plan longitudinal.

9.2. MAȘINI DE RECTIFICAT ROTUND

În cadrul acestei categorii de mașini sînt cuprinse mașinile de rectificat care realizează prelucrarea suprafețelor cilindrice, conice sau profilate exterioare sau interioare.

9.2.1. Mașini de rectificat rotund exterior

Sînt destinate prelucrării pieselor fixate în mandrină sau între vîrfuri. Rectificarea se execută cu avans longitudinal la piesele cu suprafețe de rectificat lungi, caz în care avansul transversal de pătrundere se realizează intermitent, prin impulsuri la capetele cursei longitudinale, asigurînd adîncimea trecerii.

Dacă lungimea suprafețelor de rectificat nu depășește lățimea discului sau în cazul rectificării suprafețelor profilate se lucrează fără avans longitudinal, avansul de pătrundere avînd un caracter continuu (v. fig. 9.1).

Construcția mașinilor de rectificat rotund exterior și modul de realizare a mișcărilor este prezentat în figura 9.6.

Batiul *B* al mașinii este prevăzut în partea sa superioară cu ghidaje longitudinale pe care se deplasează masa *M*. Piesa este fixată între vîrfurile păpușii portpiesă *Ppp* și păpușii mobile *Pm*, montate pe masa mașinii. Partea superioară a mesei poate pivota în jurul unui cep central.

Pe ghidajele transversale din partea posterioară a ba-

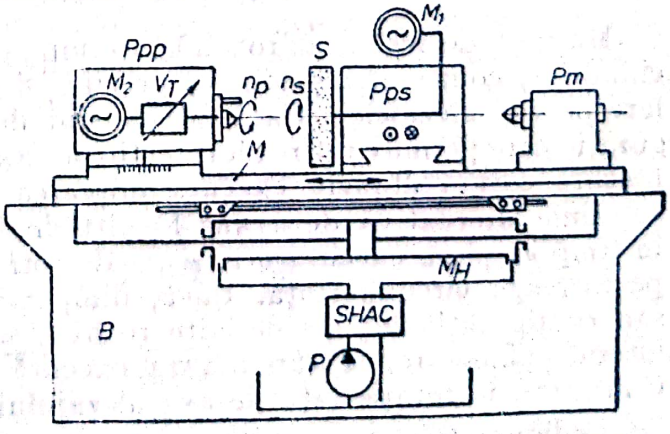


Fig. 9.6. Construcția și acționarea unei mașini de rectificat rotund exterior.

tiului glisează păpuşa portpiatră *Pps*. Discul abraziv *S* execută mişcarea principală de rotaţie cu turaţia n_s, fiind acţionat de motorul M_1 fie direct, fie printr-o transmisie cu curea.

Piesa montată în mandrină sau între vîrfuri execută o mişcare de rotaţie cu turaţia n_p. Această turaţie se reglează prin intermediul variatorului V_T, fie în mod discontinuu, prin utilizarea unor mecanisme cu roţi dinţate sau prin conuri de roţi de curea în trepte, fie în mod continuu, utilizînd variatoare mecanice sau acţionînd această mişcare printr-un motor electric cu turaţie reglabilă.

La rectificarea rotundă de trecere, păpuşa portpiatră execută mişcarea de avans transversal în mod intermitent, la capetele de cursă ale mesei. La rectificarea de pătrundere avansul longitudinal este oprit, iar păpuşa portpiatră avansează continuu.

Avansul longitudinal al mesei maşinii este acţionat pe cale hidraulică, prin motorul liniar M_m, alimentat de la pompa *P* prin elementele sistemului hidraulic de acţionare şi comandă *SHAC*. Tot prin acest sistem este acţionat şi avansul transversal al păpuşii portpiatră.

Maşinile de rectificat rotund moderne pot realiza prelucrarea în ciclu automat. În cadrul unui asemenea ciclu, după pornirea mişcării de rotaţie a piesei, păpuşa portpiatră avansează rapid şi aduce discul abraziv în imediata apropiere a suprafeţei piesei. Avansul transversal continuă în mod intermitent, prin impulsuri la fiecare cursă sau la fiecare cursă dublă a mesei, în funcţie de reglaj, pînă la atingerea cotei. Avansul transversal se opreşte în această poziţie a discului abraziv şi se execută trecerile de finisare (descînteiere). La terminarea acestei faze, păpuşa portpiatră se retrage rapid, se opreşte mişcarea rectilinie-alternativă a mesei şi mişcarea de rotaţie a piesei. Cicluri automate asemănătoare se utilizează şi în cazul rectificărilor de pătrundere.

Prelucrarea suprafeţelor conice se poate realiza în mai multe moduri. Dacă conicităţile sînt mici, masa maşinii se roteşte în plan orizontal şi se blochează în poziţia corespunzătoare înclinaţiei suprafeţei de prelucrat. În cazul unor conicităţi mai mari, se roteşte păpuşa portpiesă sau, la alte construcţii, păpuşa portpiatră, astfel încît suprafaţa cilindrică a discului să formeze cu axa piesei un unghi corespunzător înclinaţiei suprafeţei conice. Conicităţile mai pot fi prelucrate şi prin profilarea discului abraziv.

9.2.2. Maşini de rectificat rotund interior

Maşinile de rectificat rotund interior prelucrează prin rectificare alezaje cilindrice, conice sau profilate, precum şi suprafeţele frontale perpendiculare pe axa alezajelor. Dacă piesele sînt de dimensiuni mici şi au o configuraţie care permite rotirea lor, rectificarea alezajelor se realizează pe maşini la care corpul abraziv execută mişcarea principală de rotaţie, mişcarea rectilinie-alternativă de avans longitudinal şi aceea de avans transversal, în timp ce piesa execută o mişcare de rotaţie pentru prelucrarea alezajului pe întreaga circumferinţă. Dacă, dimpotrivă, piesele au dimensiuni mari sau configuraţia lor nu permite rotirea, se utilizează maşini de rectificat interior planetare, la care piatra execută mişcarea principală de rotaţie, o mişcare de rotaţie faţă de axa alezajului, precum şi mişcările de avans.

În figura 9.7 se prezintă construcţia unei maşini de rectificat interior normale şi modul în care se realizează mişcările de lucru.

Scanned with OKEN Scanner

Batiul *B* al mașinii are o formă paralelipipedică și susține păpușa portpiesă *Ppp* cu dispozitivul de prindere *Dp* în care se fixează piesa *P*. Pe ghidajele longitudinale ale batiului glisează în mișcare rectilinie-alternativă sania longitudinală *Sl*, care susține pe ghidaje transversale păpușa portsculă *Pps*.

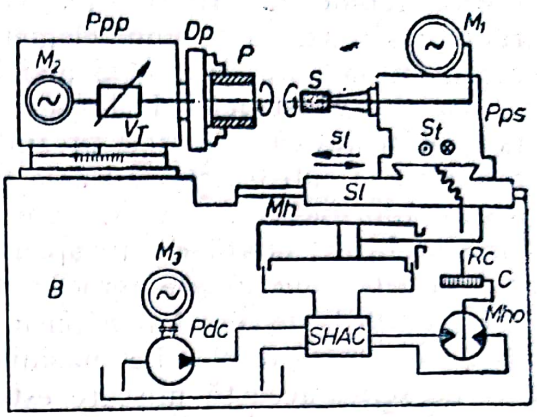


Fig. 9.7. Construcția și acționarea unei mașini de rectificat rotund interior.

În comparație cu celelalte tipuri de mașini de rectificat, la mașinile de rectificat rotund interior se utilizează pietre de rectificat de diametre mult mai mici. Se recomandă ca diametrul pietrei să reprezinte circa 75% din diametrul alezajului de prelucrat. Atingerea în aceste condiții a unor viteze periferice ridicate, care să asigure o bună calitate a suprafețelor prelucrate, o uzură redusă a corpului abraziv și o productivitate satisfăcătoare, impune acționarea cu turații foarte înalte a mișcării principale de rotație a pietrei de rectificat. Aceste turații trebuie să fie cu atît mai mari, cu cît diametrul alezajului de rectificat și implicit diametrul pietrei este mai mic. Arborele portpiatră și lagărele sale se montează într-un subansamblu distinct — broșa de rectificat. Soluțiile constructive aplicate în acționarea broșei, în rezemarea arborelui portpiatră depind de turațiile care se cer pentru prelucrarea alezajelor în domeniul pentru care este destinată mașina. Acționarea broșei prin transmisie cu curea lată (fig. 9.8, *a*) are o largă răspîndire. Această acționare permite realizarea unor turații între 5000 și 45000 rot/min sau chiar mai mari dacă se utilizează curele speciale, de mare flexibilitate.

Prin acționarea broșei cu motoare electrice speciale, montate direct pe arborele broșei și alimentate cu curent de frecvență mărită (850 ... 17000 Hz) se obține turații de circa 50000 ... 100000 rot/min (fig. 9,8. *b*), valori care satisfac în general necesitățile impuse mașinilor de rectificat interior moderne.

Turații mai ridicate s-au obținut prin acționarea mișcării de rotație a arborelui portpiatră prin intermediul unor turbine hidraulice (fig. 9.8, *c*) sau pneumatice (fig. 9.8, *d*).

Turațiile înalte ale broșelor impun condiții deosebit de pretențioase lagărelor arborelui portpiatră. Dacă lăgăruirea se face cu rulmenți, aceștia se selecționează cu deosebită grijă (bătaia radială sub 0,001 mm) și se adoptă soluții de montaj care permit și preluarea unor eforturi axiale. Construcția

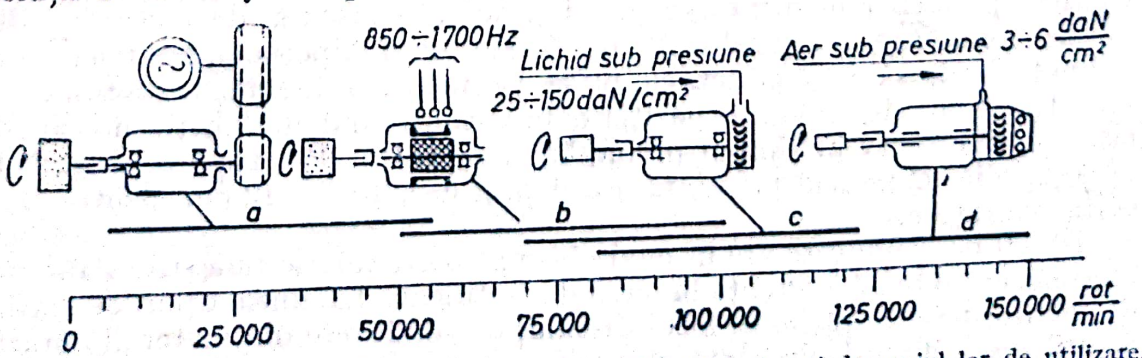


Fig. 9.8. Variante constructive ale broșelor de rectificat interior și domeniul lor de utilizare.

Scanned with OKEN Scanner

broşei trebuie să permită reglarea jocurilor în rulmenţi sau scoaterea jocurilor prin tensionarea unor elemente elastice. Ungerea rulmenţilor se realizează cu ulei sau, la turaţii mai înalte cu ceaţă de ulei.

La alte construcţii de broşe se utilizează lagăre de alunecare cu lubrifiere hidrostatică. Lagărele prezintă 3—4 cîmpuri portante şi sînt alimentate cu ulei sub presiune. Unele firme construiesc broşe cu lagăre de alunecare lubrifiate cu aer. La pornire aceste lagăre funcţionează în regim pneumostatic; odată cu apropierea turaţiei de turaţia de regim, se intră în regim de funcţionare aerodinamic.

Avansul transversal al păpuşii portpiatră se realizează în mod automat, la fiecare cursă dublă. La maşinile de rectificat interior destinate producţiei de serie, această mişcare este corelată cu funcţionarea aparatelor de control automat al dimensiunii piesei prelucrate şi cu dispozitivele de îndreptare-ascuţire a pietrei. La pornirea maşinii se produce apropierea rapidă a corpului abraziv şi se realizează o primă îndreptare-ascuţire cu un vîrf de diamant. Rectificarea începe cu un avans transversal mai mare pînă în apropierea cotei finale a piesei, unde, după o a doua îndreptare a pietrei, se trece la finisarea alezajului cu un avans transversal mai mic. La atingerea cotei finale, sesizate de aparatul de control activ, avansul transversal se opreşte automat şi, după executarea unor curse de descînteiere, păpuşa portpiatră se retrage şi maşina se opreşte.

9.2.3. Maşini de rectificat rotund fără vîrfuri

Maşinile de rectificat rotund fără vîrfuri sau fără centre (centerless) sînt maşini de mare productivitate, destinate executării unor operaţii de rectificare în producţia de serie. Timpii auxiliari sînt la rectificarea fără vîrfuri mult mai mici decît la rectificarea între vîrfuri, întrucît prinderea şi desprinderea piesei nu mai este necesară. Pe de altă parte, la rectificarea fără vîrfuri se pot aplica regimuri de lucru intensive, chiar şi la piese de rigiditate redusă, cu diametre mici şi lungimi mari, încovoierea fiind exclusă.

Pe maşinile de rectificat exterior fără vîrfuri se prelucrează suprafeţe cilindrice şi profilate, utilizîndu-se diferite moduri de prelucrare, în funcţie de piesa de prelucrat şi de tipul maşinii.

Procedeul de prelucrare cel mai răspîndit este cel de rectificare rotundă de trecere cu avans longitudinal al piesei. Deplasarea piesei P (fig. 9.9), aşezată între discul abraziv Da şi discul de conducere Dc şi susţinută de rigla de reazem R, pe direcţia propriei axe se obţine prin înclinarea discului de conducere cu 1° ... 6° faţă de axa discului de rectificare. Componenta axială a vitezei periferice produce avansul longitudinal al piesei. Pentru a păstra paralelismul între axa piesei şi aceea a discului de rectificat, discul de conducere se profilează sub forma unui hiperboloid, astfel încît, înclinat fiind, să ia contact cu piesa pe întreaga lungime. Profilarea se execută cu vîrf de diamant, poziţia diamantului fiind în funcţie de poziţia piesei de rectificat în timpul prelucrării (fig. 9.10). Practic h se alege 0,15 ... 0,25 din diametrul piesei, fără a depăşi însă 10 ... 12 mm pentru a se evita vibraţiile.

Discul de conducere are în mod obişnuit o granulaţie fină şi o structură care asigură o bună aderenţă la piesa de rectificat. La unele tipuri de maşini de rectificat fără centre, în locul discului de conducere din material abraziv se utilizează discuri din fontă cu periferia prevăzută cu o spirală. În acest

Scanned with OKEN Scanner

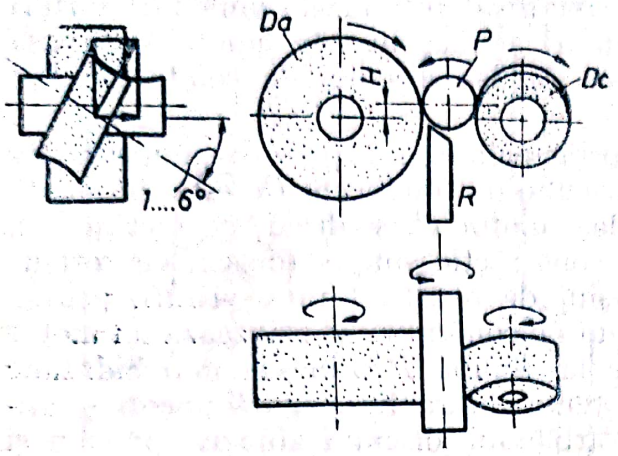


Fig. 9.9. Principiul rectificării exterioare fără vîrfuri.

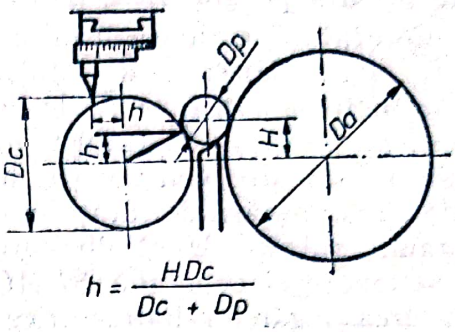


Fig. 9.10. Profilarea discului de conducere la rectificarea fără vîrfuri.

caz, avansarea materialului pe direcţie axială este determinată de spirală, iar înclinarea discului de conducere nu mai este necesară.

La rectificarea de trecere, piesa iese treptat din zona de lucru, cedînd locul alteia. Dacă piesele sînt scurte, în zona de lucru se găsesc simultan mai multe piese. La prelucrarea pieselor lungi, maşina se prevede cu reazeme suplimentare cu role, care susţin piesa atît la intrarea cît şi la ieşirea dintre cele două discuri.

Dacă piesele prezintă capete cu diametrul mai mare decît cel de rectificat (fig. 9.11), discul de conducere asigură avansul axial al piesei pînă la un opritor, după care aceasta se extrage dintre discuri. La fel se prelucrează şi suprafeţele conice. Piesele care, datorită formei lor, nu pot fi prelucrate cu avans longitudinal (de exemplu cele cu suprafeţele de rectificat profilate), se prelucrează prin avansul transversal al discului de conducere. Evident, în acest caz discul abraziv şi discul de conducere se profilează corespunzător suprafeţei de prelucrat. Discul de conducere se apropie cu avans transversal de cel de rectificat pînă la atingerea unui opritor fix, a cărui poziţie se reglează corespunzător cotei finale a piesei. Prelucrarea cu avans transversal poate fi utilizată şi la prelucrarea suprafeţelor cilindrice, dacă lungimea acestora nu depăşeşte discul abraziv.

Construcţia maşinilor de rectificat rotund exterior fără vîrfuri şi modul de realizare a mişcărilor de lucru sînt prezentate în figura 9.12. Spre deo-

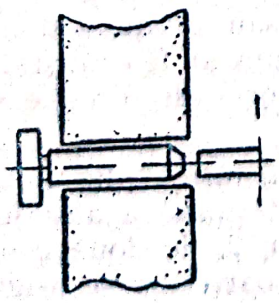


Fig. 9.11. Rectificarea fără vîrfuri cu opritor.

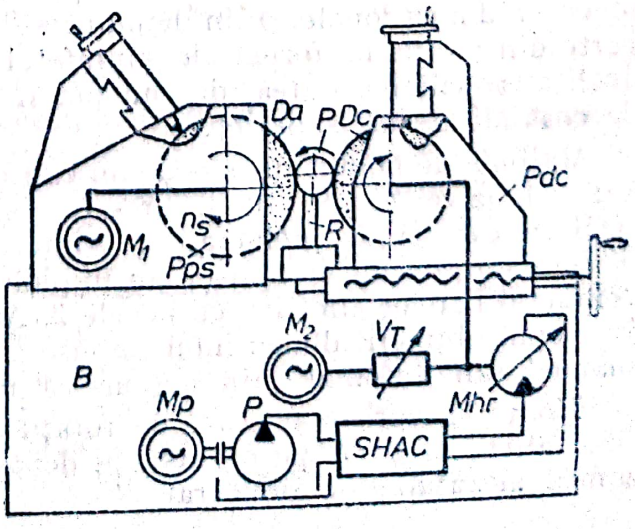


Fig. 9.12. Construcţia şi acţionarea unei maşini de rectificat exterior fără centre.

sebire de celelalte tipuri de mașini de rectificat rotund, mașinile fără vîrfuri nu au păpușă portpiesă. Pe batiul B al mașinii este montată păpușa portsculă Pps cu discul abraziv Da. Păpușa discului de conducere Pdc este plasată pe ghidajele batiului.

Motorul M_1 acționează mișcarea principală de rotație a discului abraziv cu turația n_s. Mișcarea de rotație a discului de conducere Dc este acționată de la motorul M_2 (uneori de la același motor ca și discul de rectificare), printr-un variator de turații V_r de construcție simplă (de ex. cu roți de schimb). La alte construcții de mașini de rectificat fără vîrfuri, pentru acționarea mișcării de rotație a discului de conducere se utilizează un motor hidraulic rotativ Mhr, alimentat de la pompa P prin sistemul hidraulic de acționare și comandă $SHAC$. Sistemul hidraulic asigură uneori și alimentarea lagărelor hidrostatice ale arborelui discului abraziv, precum și cilindri dispozitivelor de diamantare a discului abraziv și a celui de conducere. Poziția păpușii discului de conducere se reglează prin intermediul unui șurub.

Pentru îmbunătățirea calității suprafeței prelucrate cu avans transversal a discului de conducere, la unele tipuri de mașini se poate imprima discului abraziv o mișcare rectilinie-alternativă pe direcția propriei axe, cursa fiind de 0 ... 8 mm, iar numărul de curse duble pe minut de 30 ... 40.

Mașinile de rectificat fără vîrfuri pot fi integral automatizate și integrate în cadrul unor linii de prelucrare automată.

10

MAȘINI PENTRU MICROFINISARE

10.1. MAȘINI DE HONUIT. CINEMATICA ȘI EXPLOATAREA TEHNOLOGICĂ A LOR

Pe mașinile de honuit se realizează prelucrarea de microfinisare a alezajelor cilindrice în scopul îmbunătățirii rugozității suprafeței și a măririi preciziei dimensionale. Prin honuire se pot elimina sau diminua doar o parte din erorile de formă ale suprafeței prelucrate, cum ar fi conicitatea, ovalitatea, cilindricitatea, dar nu pot fi influențate erorile de direcție sau de coaxialitate ale suprafețelor.

Mașinile de honuit dispun de un cap de honuit (hon) format din 4 ... 9 bare abrazive *1* (fig. 10.1), presate pe suprafața interioară a alezajului semifabricatului de prelucrat prin intermediul penelor *2*, de două conuri *3*, acționate de un mecanism șurub-piuliță *4*. Prin resoartele *5* se asigură contactul barelor abrazive cu penele *2*. Avansul radial al barelor abrazive, în scopul obținerii dimensiunii impuse a alezajului prelucrat, se realizează manual sau automat prin acționarea mecanismului șurub-piuliță *4*.

Honul execută o mișcare de rotație *I*, combinată cu o mișcare rectilinie alternativă *II*, pe o cursă ce depășește cu aproximativ 25 mm lungimea alezajului de prelucrat.

Scanned with OKEN Scanner

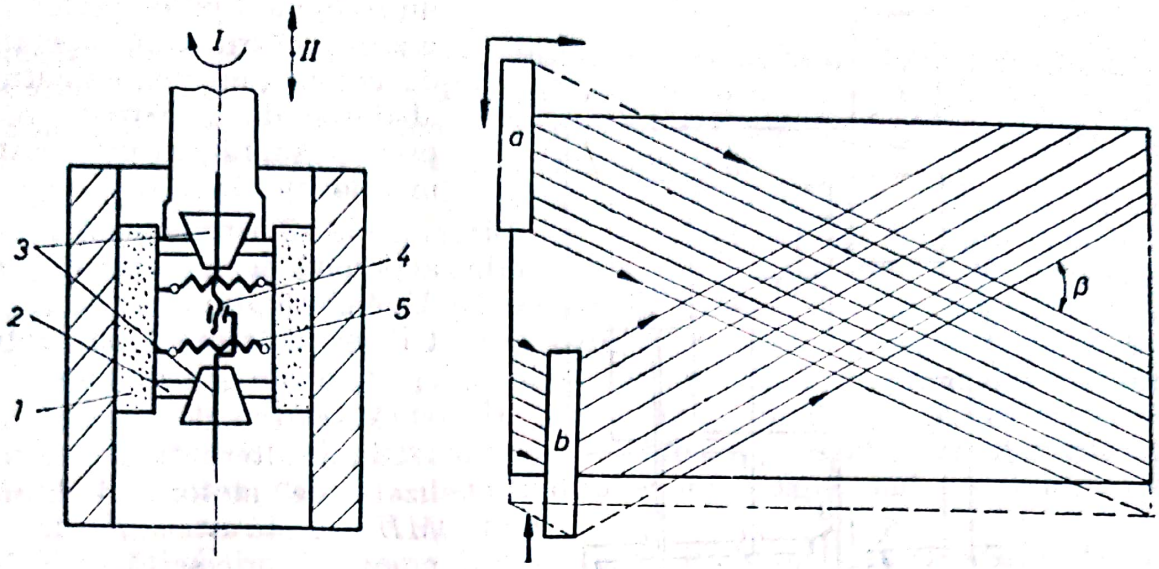


Fig. 10.1. Principiul honuirii.

O condiție de exploatare deosebit de importantă a mașinilor de honuit o constituie faptul că numărul de rotații ale honului să fie diferit și nedivizibil cu numărul de curse duble ale acestuia, în aceeași unitate de timp, astfel ca granulele abrazive ale barelor *1* să nu parcurgă aceeași traiectorie. Astfel, bara abrazivă din poziția *a* (fig. 10.1), după o cursă simplă (de coborîre) și o rotație completă, ajunge în poziția *b*, decalată pe generatoarea suprafeței cilindrice de prelucrat față de poziția *a*. De asemenea, la reglarea mașinii se va avea în vedere ca unghiul β, între tangentele la elicele descrise de particulele abrazive la cursa de ridicare și coborîre a honului, să fie cuprins în limitele recomandărilor date de regimul de lucru, $\beta = 50°$ pentru honuirea de degroșare și $\beta = 15° \ldots 16°$ pentru operații de finisare. Mașina trebuie să posede un lanț cinematic de deservire pentru asigurarea lichidului de răcire-ungere (80 ... 90% petrol și 10 ... 20% ulei de turbină), în scopul eliminării cît mai complete a așchiilor și granulelor abrazive din zona de așchiere, obținîndu-se astfel o rugozitate cît mai bună suprafeței prelucrate.

Sub aspect tehnologic honul trebuie astfel deservit încît să se asigure menținerea în limitele regimului de lucru a presiunii barelor abrazive pe suprafața alezajului, reglînd corespunzător avansul radial și totodată barele și sistemul lor de acționare să aibă rigiditate mare în direcție radială în scopul eliminării sau diminuării abaterilor de formă ale alezajului prelucrat.

Mașinile de honuit se pot clasifica după mai multe criterii. Din punctul de vedere al direcției mișcării rectilinii alternative a honului distingem mașini de honuit verticale, folosite pentru prelucrarea alezajelor scurte și mașini de honuit orizontale, folosite la prelucrarea alezajelor lungi. Sub aspectul numărului posturilor de lucru se întîlnesc mașini de honuit monoax și mașini de honuit multiax. În funcție de gradul de specializare al mașinii, respectiv a tipurilor de piese prelucrate, se folosesc mașini de honuit universale și mașini de honuit specializate.

În figura 10.2, se prezintă construcția și cinematica unei mașini de honuit verticale monoax. Mașina prezintă un batiu *1*, o sanie *2* pentru susținerea și antrenarea honului *3* și masa *4*, pe care se fixează semifabricatul de prelucrat. Honul *3* este articulat în raport cu sania *2*, el autocentrîn-

Scanned with OKEN Scanner

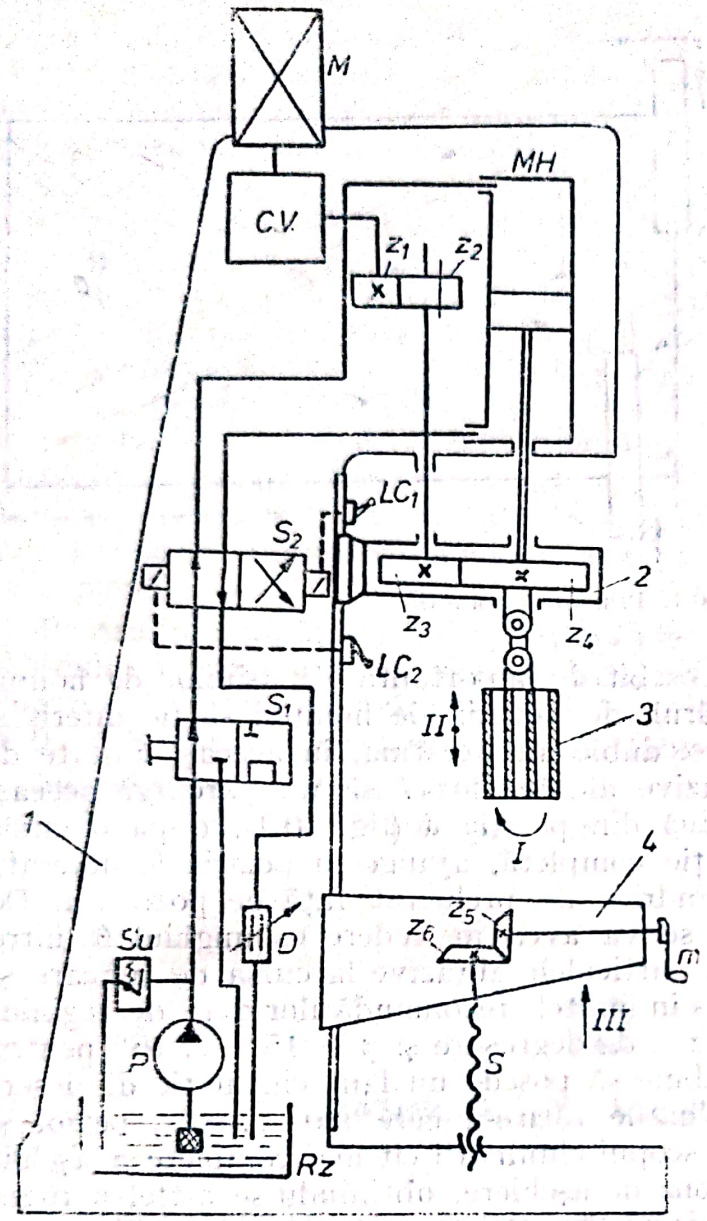


Fig. 10.2. Construcția și cinematica mașinii de honuit verticale monoax.

du-se în alezajul de prelucrat, motiv pentru care operația de honuire nu poate înlătura abaterile de la poziția reciprocă a suprafeței prelucrate, menționate mai sus.

Mișcarea principală *I* este acționată de motorul electric *M*, reglată prin cutia de viteze *CV* și transmisă prin roțile z_1-z_2 și z_3-z_4 la axul honului.

Mișcarea de avans *II*, rectilinie alternativă, este realizată de motorul hidraulic *MH*. Acesta este alimentat de pompa *P* prin sertărașele distribuitoare S_1 și S_2. Sertărașul S_1 asigură pornirea sau oprirea mișcării *II*, prin trimiterea uleiului prin sertărașul S_2 spre motorul hidraulic, sau realizează descărcarea pompei, debitul ei scurgîndu-se liber la rezervor. Sertărașul S_2 inversează sensul de deplasare al motorului hidraulic *MH*. El este comandat electromagnetic, lansarea comenzii comutării lui fiind efectuată de limitatoarele de cursă LC_1 și LC_2.

Reglarea vitezei mișcării *II* o asigură droselul *D* care laminează uleiul scurs din motorul hidraulic *MH* spre rezervorul *Rz*.

10.2. MAȘINI DE VIBRONETEZIT. CINEMATICA ȘI EXPLOATAREA TEHNOLOGICĂ A LOR

Mașinile de vibronetezit (sau superfinisat) au drept principală destinație îmbunătățirea rugozității suprafețelor cilindrice exterioare și interioare, a suprafețelor plane sau profilate. Prin vibronetezire se diminuiază foarte mult asperitățile suprafeței rămase de la operațiile precedente, obținîndu-se rugozitățile foarte mici de circa 0,01 ... 0,15 μm.

La această operație, de obicei, nu se lasă adaosuri de prelucrare, superfinisare executîndu-se în limitele toleranței impuse suprafeței.

Vibronetezirea se realizează cu bare sau discuri abrazive de granulație foarte fină, care execută o mișcare oscilatorie de frecvență mare (500 ... 3000 curse duble pe minut) și amplitudine mică (1,5 ... 6 mm), concomitent cu o mișcare de rotație și translație relativă dintre semifabricat și capul de superfinisat. Corpurile abrazive sînt presate pe suprafața prelucrată, cu

presiune mică (1 . . . 5 daN/cm²), printr-un sistem elastic care asigură autoașezarea lor pe piesa de prelucrat. Din acest motiv vibronetezirea nu poate îmbunătăți precizia de formă și poziției reciprocă a suprafețelor prelucrate, ci numai rugozitatea suprafeței semifabricatului.

Exploatarea tehnologică a acestor mașini va avea în vedere faptul că mărirea productivității operației se realizează, în special, prin mărirea frecvenței curselor duble executate de capul de vibronetezit. Fiecare granulă abrazivă așchiază în două sensuri de mișcare și cum distanța dintre granulele foarte fine este redusă, mărirea frecvenței mișcării rectilinii alternative atrage îndepărtarea așchiilor îngrămădite între granule și mărirea cantității de material așchiat. În baza celor de mai sus, mărirea amplitudinii mișcării de vibronetezire poate influența negativ productivitatea operației, așchia detașată neputînd avea un volum mai mare decît cel oferit de distanța dintre granule.

Procesul de superfinisare trebuie deservit de un lanț cinematic de răcire-ungere (amestecul de răcire conține 90% petrol și 10% ulei de turbină), care să asigure lubrifierea și îndepărtarea prin spălare a așchiilor și granulelor abrazive desprinse.

Mașinile de vibronetezit, similar mașinilor de rectificat, în funcție de geometria suprafeței prelucrate, pot fi:

— mașini de vibronetezit rotund exterior sau interior (în funcție de modul de bazare al semifabricatului aceste mașini pot fi cu prelucrare între vîrfuri sau cu prelucrare fără centre);

— mașini de vibronetezit suprafețe plane;

— mașini de vibronetezit speciale (pentru arbori cu came, pentru arbori cotiți, pentru supapele motoarelor cu combustie internă, pentru inele de rulmenți etc.).

În figura 10.3 este prezentată construcția, cinematică și acționarea unei mașini de vibronetezit rotund exterior. Mașina este compusă din

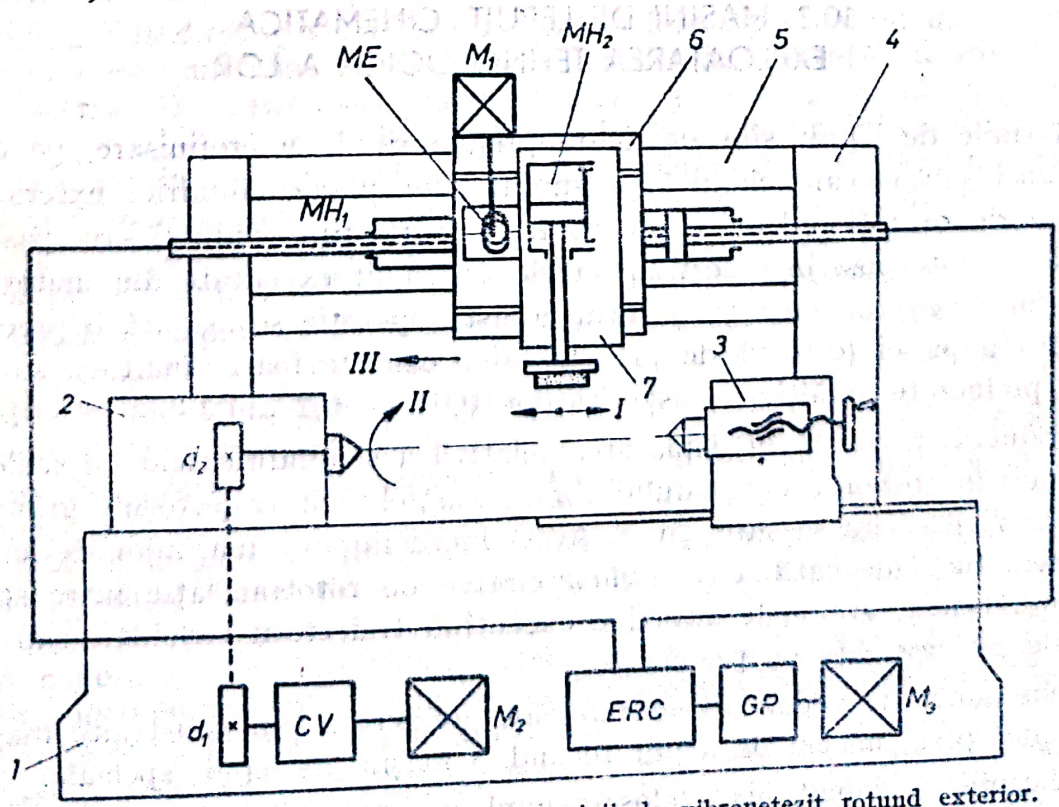


Fig. 10.3. Construcția și cinematica mașinii de vibronetezit rotund exterior.

batiul *1*, păpușa fixă *2* și păpușa mobilă *3*. Pe montanții *4* ai batiului sînt dispuse ghidajele *5*, pe care se deplasează sania longitudinală *6*, prevăzută cu capul de vibronetezit *7*.

Mișcarea principală *I*, mișcare vibratorie în lungul axei piesei este furnizată de motorul de curent continuu M_1 printr-un mecanism cu excentric *ME*. Acestei mișcări rectilinii alternative i se poate varia frecvența prin reglarea turației motorului M_1 și amplitudinea prin reglarea excentricității mecanismului cu excentric *ME*. La alte tipuri de mașini, mișcarea *I* este furnizată de un mecanism bielă manivelă cu turație reglabilă și lungimea manivelei reglabilă.

Mișcarea de avans circulară *II* a semifabricatului este furnizată arborelui păpușii fixe de motorul electric M_2, o cutie de viteze *CV*, prevăzută de obicei cu variator continuu mecanic de turație și o transmisie cu curele $d_1 - d_2$.

Mișcarea de avans longitudinal *III* este imprimată saniei *6* de un motor hidraulic MH_1 cu cilindru mobil și piston fix, alimentat de la echipamentul de reglare și comandă *ERC* și grupul de pompare GP_2, antrenat de motorul electric M_3.

Forța de apăsare a barelor de vibronetezire pe semifabricat este creată de motorul hidraulic MH_2, alimentat de la sistemul hidraulic al mașinii. Uneori forța de apăsare este dezvoltată de un resort, tarat de un mecanism șurub-piuliță.

10.3. MAȘINI DE LEPUIT. CINEMATICA ȘI EXPLOATAREA TEHNOLOGICĂ A LOR

Mașinile de lepuit sînt destinate prelucrării de microfinisare, pe cale mecanică sau mecano-chimică, a suprafețelor plane, cilindrice exterioare sau interioare, folosind materiale abrazive foarte fine (pulberi sau pastă), fixată sau interpuse în raport cu sculele de lepuit executate din materiale moi (fontă, cupru, lemn etc.). Prin această operație se asigură o precizie ridicată a piesei (clasa I de precizie) și o calitate foarte înaltă a suprafeței prelucrate (înălțimea asperităților 0,01 ... 0,2 μm).

Prelucrarea constă în deplasarea relativă a semifabricatelor și sculelor de lepuit în prezența materialului abraziv, astfel încît traiectoriile granulelor abrazive să nu se suprapună. Acest lucru impune mașinilor de lepuit o cinematică adecvată, cu mișcări relative de rototranslație între sculă și semifabricat, granulele abrazive executînd traiectorii cicloidale sau elicoidale pe suprafața de prelucrat.

Din punct de vedere al suprafețelor prelucrate sînt construite mașini de lepuit plan, mașini de lepuit rotund și mașini de lepuit speciale.

Mașinile de lepuit plan folosesc unul sau două discuri, de obicei din

Scanned with OKEN Scanner

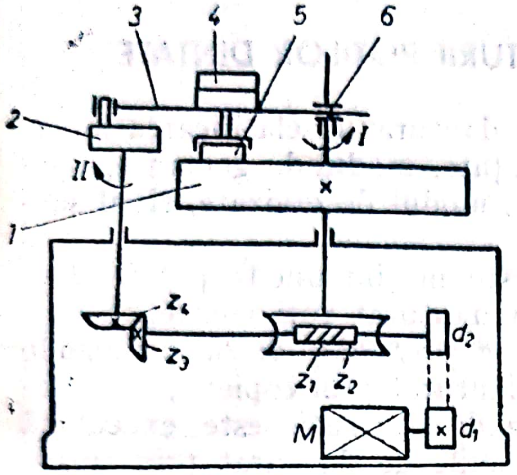


Fig. 10.4. Construcția și cinematica mașinii de lepuit plan cu un disc.

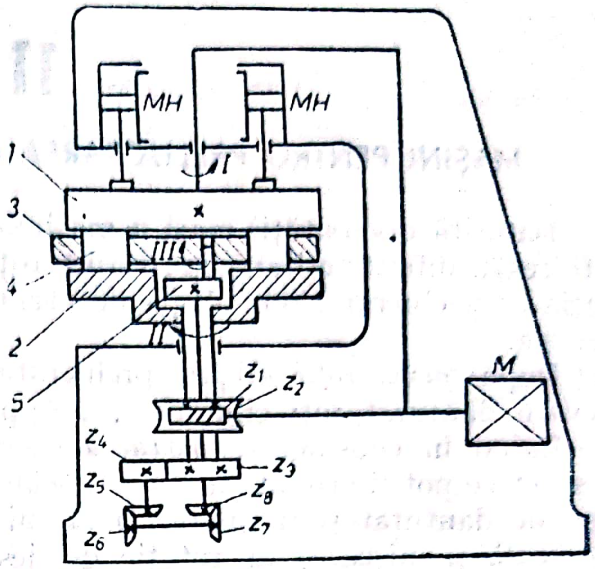


Fig. 10.5. Construcția și cinematica mașinii de lepuit plan, sau rotund exterior, cu două discuri.

fontă perlitică, între care sînt introduse semifabricatele, în prezența materialului abraziv înglobat într-un amestec de petrol, ulei și acid stearic. Prin lepuirea plană se asigură pe lîngă îmbunătățirea preciziei și calității și reducerea abaterilor de la planeitate și paralelism a suprafețelor lepuite.

Mașinile de lepuit rotund interior sau exterior, folosesc drept scule de lepuit dornuri sau bucșe rigide sau extensibile, care în urma mișcării elicoidale în raport cu semifabricatul (similar procesului de honuire), în prezența materialului abraziv, realizează microfinisarea suprafeței.

În figura 10.4 este prezentată o mașină de lepuit plan cu un disc. Discul de fontă *1* este antrenat în mișcarea principală de rotație *I* de către motorul electric *M*, transmisia prin curele $d_1 - d_2$ și angrenajul melc-roată melcată $z_1 - z_2$. De la același lanț cinematic, prin angrenajul conic $z_3 - z_4$, este antrenat în mișcarea *II* excentricul reglabil *2*, care prin pîrghia *3* deplasează semifabricatul *5* pe o direcție cvasiradială la discul *1*. Pîrghia *3* se sprijină în articulația *6* de pe axul discului de lepuit. Presiunea impusă pe suprafața semifabricatului este asigurată de greutățile *4*.

Mașinile de lepuit cu două discuri (fig. 10.5) pot efectua operații de lepuire la semifabricate cu două suprafețe plan paralele sau pot efectua operații de lepuire cilindrică exterioară.

Motorul *M* antrenează discurile *1* și *2* în mișcările de rotație *I* și *II*, diferite ca turație și de sensuri contrare. Între cele două discuri este interpusă colivia *3*, în care sînt introduse semifabricatele *4*. Colivia este antrenată în mișcare cvasiradială, de un mecanism cu excentric *5* acționat de la lanțul cinematic al mișcării de rotație a discului *2* prin angrenajele $z_3 - z_4$, $z_5 - z_6$, $z_7 - z_8$.

În condițiile lepuirii rotunde exterioare, locașurile din colivia *3* sînt înclinate în raport cu raza discurilor, astfel încît semifabricatele să primească și o mișcare de autorotație continuă.

Presiunea necesară pe suprafețele de lepuit este asigurată de motoarele hidraulice *MH*.

Scanned with OKEN Scanner

11

MAŞINI PENTRU PRELUCRAREA DANTURII ROŢILOR DINŢATE

Datorită diversităţii mari a maşinilor de danturat la clasificarea lor se utilizează diferite criterii ca: forma roţii dinţate, modul de generare, operaţia de prelucrare, tehnologia de prelucrare, modul de divizare, tipul sculei ş.a.

După *forma roţii dinţate* prelucrate, aceste maşini unelte pot fi: *1* — pentru danturat roţi cilindrice; *2* — pentru danturat roţi conice.

Luînd în considerare *modul de generare a profilului dinţilor* maşinile respective pot fi grupate în: *a* — maşini de danturat prin copiere; *b* — maşini de danturat prin rulare. Dacă mişcarea de translaţie este executată de sculă şi mişcarea de rotaţie de piesă maşinile de danturat prin rulare pot lucra după principiul: b_1) *de rulare cu dreaptă mobilă;* cînd ambele componente ale mişcării de rulare sînt executate de către piesă maşinile lucrează după principiul: b_2) *de rulare cu dreapta fixă.*

11.1. MAŞINI PENTRU PRELUCRAREA DANTURII ROŢILOR CILINDRICE

Pentru exploatarea maşinilor-unelte de danturat este utilă abordarea acestor maşini după sisteme de clasificare pe bază de criterii multiple. Aceste criterii precizează date foarte utile tehnologului, cum sînt: operaţia de prelucrare, modul de generare, de divizare, tehnologia de prelucrare, denumirea maşinii sau simbolizarea ei şi tipul sculei utilizate, (tabl 11.1).

11.1.1. Maşini pentru prelucrarea danturii roţilor cilindrice prin copiere

Maşinile de danturat roţi cilindrice prin metoda copierii pot fi grupate după precizia de prelucrare astfel: *a)* maşini de semifinisare (lucrînd cu freza modul-disc, deget sau cap multicuţit); *b)* maşini de finisare (lucrînd cu unul sau două discuri abrazive).

a) Maşinile de semifinisare a danturii roţilor cilindrice prelucrează piese mici cu freză-modul-disc sau piese mari cu freză-modul-deget în producţia de serie mică şi unicate, precum şi piese mici şi mijlocii cu cap de mortezat multicuţit în producţia de masă.

a_1) *Maşinile de danturat cu freză-modul-disc* sînt foarte simple, deoarece scula *S* (fig. 11.1, *a*) materializează golul dintre doi dinţi alăturaţi ai roţii prelucrate *P*. Scula execută mişcarea principală v, de rotaţie şi mişcarea intermitentă de avans transversal w_t, iar piesa realizează mişcările: w de avans longitudinal, w_d de rotaţie intermitentă pentru divizare şi w_E de rotaţie suplimentară pentru prelucrarea danturilor înclinate. Mişcările v, w_t, w_1, w_d şi w_E sînt mişcări de generare în timp ce mişcările w_i, de rotire a mesei la prelucrarea danturilor înclinate, w_1, de deplasare a păpuşii mobile *PM* şi w_2, de deplasare a pinolei păpuşii mobile sînt mişcări de poziţionare.

Scanned with OKEN Scanner

Tab. 11.1. **Clasificarea maşinilor pentru prelucrarea danturii roţilor cilindrice**

Operaţia de prelucrare	Modul de generare a profilului	Sistemul de divizare	Tehnologia de prelucrare	Denumirea maşinii sau simbolul şi ţara producătoare	Tipul sculei
Semifinisare	Copiere	Periodică	Frezare	Maşini de frezat cu consolă (Fu-320 R.S.R.) şi maşini speciale (OKU 35 şi 50) (R.S.C.)	Freză modul disc sau deget
		Prin construcţia sculei	Mortezare	5110 (U.R.S.S.) 1500, 3000; 30000 Michigan Toal Company (S.U.A.)	Cap multicuţit
	Rulare	Continua	Frezare	FD-250; 320; 400; 1250 (R.S.R.) 532; 533; 534; 5325. ş.a. (U.R.S.S.) Reinecker; Pfauter; Lorenz Z.F.W.Z-Modul (R.D.G.) ş.a.	Freză-melc
			Mortezare sau rabatare	Maag (Elveţia)	Cuţit cremalieră
				515 (U.R.S.S.) Parkinson	2 cuţite cremalieră
				MD-250; MD-500 (R.S.R.) 512, 514, 516; (U.R.S.S.) Fellow; Sykes; Lorenz, ş.a.	Unul sau două cuţite roată
Finisare	Copiere	Periodică	Rectificare	Sfeder, Orcut (Franţă) Zahnradwerke (R.F.G.) Minerva (Italia) ş.a.	Unu sau două discuri abrazive profilate
				Niles (R.D.G.) Kalb (R.F.G.) Orcutt (Franţa) Redi (Italia) Pratt-Whitney	Un disc abraziv biconic
				Maag (Elveţia) Kolb Hurth (R.F.G.) Lee-Bradner	Unul sau două discuri abrazive taler
	Rulare	Continuă	Rectificare	5832 (U.R.S.S.) Reishauere (Elveţia) Matrix (Anglia) Okomoto (Japonia)	Melc abraziv
			Severuire Rulare Honuire	571B, 5717 (U.R.S.S.) ZSch 250×5 sau 500×8 (R.D.G.) Hurth, Red Ring (S.U.A.) ş.a.	Sever roată din oţel rapid sau abraziv

Scanned with OKEN Scanner

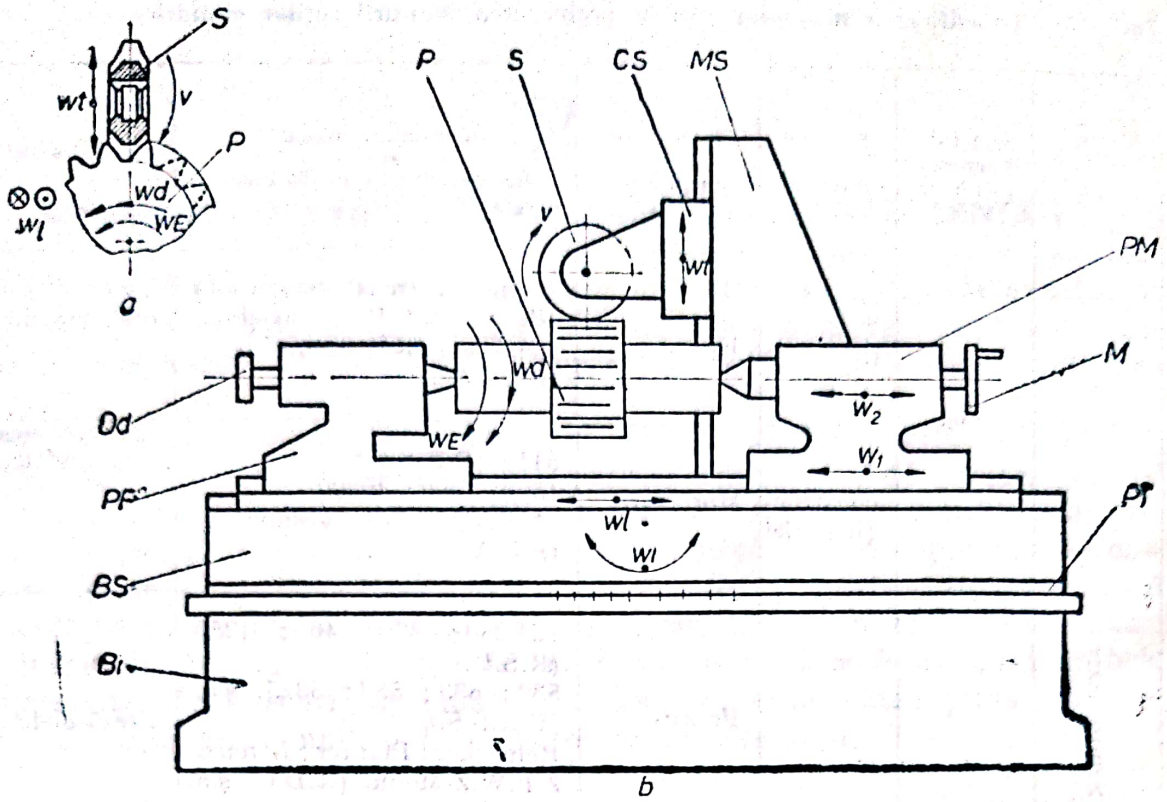


Fig. 11.1. Maşină de danturat cu freză modul-disc.

Maşina are ca părţi principale batiul inferior *BI*, batiul superior *BS* (maşina fiind pentru piese mici are un batiu superior pentru a aduce organele de execuţie la înălţimea muncitorului), păpuşa fixă *PF*, discul de divizare D_d, capul portsculă *CS*, montantul sculei *MS*, maneta *M* de antrenare a pinolei păpuşii mobile *PM* şi placa turnantă *PT*.

Pentru exploatarea maşinii se reglează lanţurile cinematice ale mişcărilor de generare şi de poziţionare.

a_2) Maşinile de danturat cu freză-modul-deget sînt specializate pentru prelucrarea danturilor de modul mare exemplu maşina OKU35 (R.S.C.), care prelucrează roţi dinţate avînd diametrul exterior $D_e \leqslant 2500$ mm şi modulul $m \leqslant 35$ mm şi maşina OKU50 care prelucrează roţi dinţate avînd $D_e \leqslant 5000$ mm şi $m \leqslant 50$ mm.

Freza-modul-deget *S* (fig. 11.2) materializează golul dintre doi dinţi alăturaţi ai piesei *P* şi execută mişcarea principală de rotaţie *v*, mişcarea intermitentă de avans transversal w_t şi mişcarea de avans longitudinal w_l. Piesa execută mişcarea intermitentă de rotaţie w_d pentru divizare şi mişcarea de rotaţie w_E pentru prelucrarea danturilor înclinate.

Maşina OKU35 prezentată schematic în figura 11.2, *b* prelucrează roţi cu dinţi drepţi, înclinaţi, în *V* sau *W*.

Mişcarea principală *v*, de frezare este furnizată de motorul M_v şi reglată cu roţile de schimb a_v/b_v a căror valoare se determină scriind raportul total de transfer al lanţului cinematic, adică:

$$i_{Tv} = \frac{n_s}{n_{Mv}} = \frac{a_v}{b_v} i_{cv},$$

în care: n_s este turaţia sculei, n_{Mv} — turaţia motorului *Mv* şi i_{cv} — raportul constant de transmitere al lanţului cinematic format din angrenajele care nu se schimbă.

Scanned with OKEN Scanner

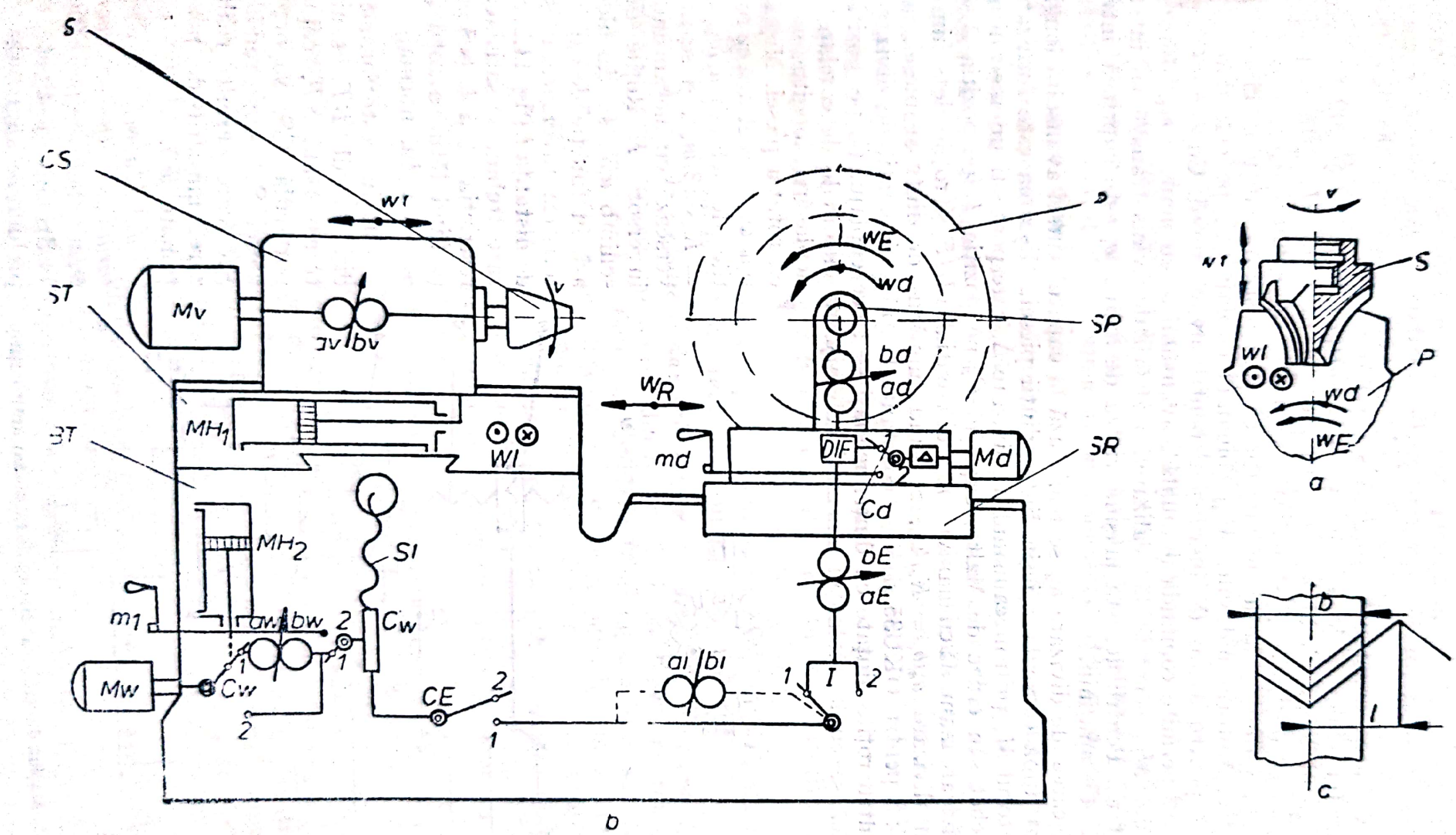


Fig. 11.2. Mașină de danturat cu freză modul-deget.

Din relația de mai sus rezultă

$$\frac{a_v}{b_v} = \frac{1}{i_{cv}} \cdot \frac{1}{n_{Mv}} n_s = K_v n_s,$$

unde valoarea constantă $1/(i_{cv} n_{Mv})$ s-a notat cu K_v.

Turația sculei n_s la această mașină variază între 71 și 900 rot/min.

Avansul longitudinal w_l se obține de la motorul M_w prin cuplajele C_w și C'_w pe poziția *1* și se reglează cu roțile de schimb $a_w/b_w = K_w w_l = K_w s n_s$, s fiind avansul în mm/rot și K_w-constanta lanțului cinematic respectiv. Motorul hidraulic M_{H2} comandă cuplajul C_w pe cele două poziții: *1* pentru avans de lucru și *2* pentru avans rapid. Cuplajul C'_w pe poziția *2* permite comanda manuală a avansului w_l cu maneta m_1. Motorul hidraulic M_{H1} servește la realizarea mișcării de avans transversal intermitent w_t. Pentru această mașină viteza de avans w_t este cuprinsă între 2,8 și 45 mm/min.

Mișcarea de divizare w_d se realizează la capătul cursei avansului longitudinal după ce scula a ieșit dintre dinții piesei. Mișcarea este furnizată de motorul M_d prin mecanismul de divizare Δ, care poate fi un mecanism cu clichet sau cruce de Malta, cuplajul C_d pe poziția *1* (pe poziția *2* se face divizare manuală cu manivela m_d), diferențialul *DIF* și roțile de schimb pentru divizare $a_d/b_d = K_d/kz_p$, z_p fiind numărul de dinți ai piesei, iar $k = 2; 8$ pentru OKU35 și K_d — constanta lanțului cinematic de divizare.

Pentru roțile dințate cu dinți înclinați se trece cuplajul C_E pe poziția *1*, adică se cuplează lanțul cinematic al mișcării elicoidale de corelare a deplasării longitudinale cu rotația piesei. Mișcarea w_E se reglează cu roțile de schimb $a_E/b_E = K_E \sin\beta/m_n z_p$ și se inversează cu mecanismul inversor *I*. Roțile de schimb a_t/b_t se calculează în funcție de caracteristica inversorului și de distanța l (fig. 11.2, *c*) care trebuie să satisfacă restricția $1 \geqslant b + 5\,m_n$ (b fiind lățimea roții și m_n — modul normal).

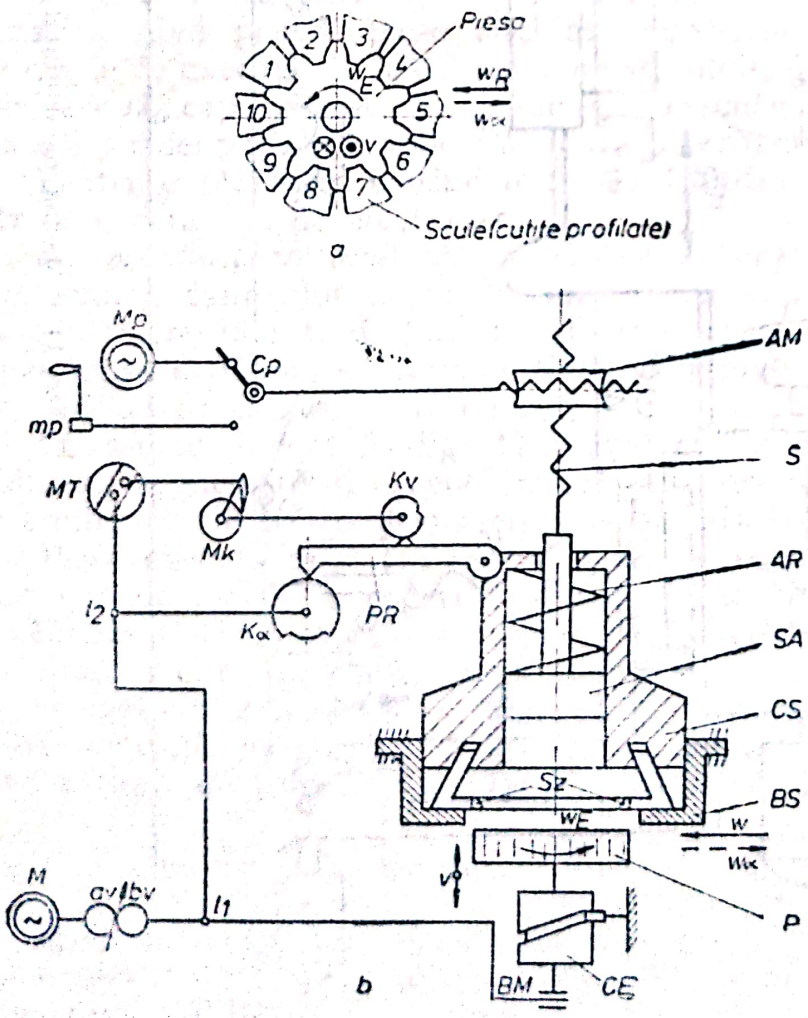


Fig. 11.3. Mașină de danturat cu cap de mortezat multicuțite.

Mașina este formată din batiul *BT*, sania transversală *ST*, capul portsculă *CS*, suportul piesei *SP*, sania radială *SR* (care permite realizarea mișcării de poziționare w_R).

a_3) Mașinile de danturat cu cap de mortezat multicuțite (fig. 11.3) sînt destinate să prelucreze angrenaje ci-

Scanned with OKEN Scanner

lindrice cu dinți drepți sau înclinați de modul $m \leqslant 3$ mm în producția de masă. Aceste mașini sînt fabricate în URSS (5110) și în SUA (1500, 3000 și 30000 ale firmei Michigan Tool Campany).

Piesa P este prelucrată de un cap de mortezat avînd numărul de cuțite egal cu numărul de dinți ai piesei (fig. 11.3, *a*). Piesa execută mișcarea principală v de mortezare și mișcarea de rotație w_E la prelucrarea danturilor înclinate, iar sculele avansului radial w_R și mișcare de retragere intermitentă w_α pentru a evita frecarea sculei cu piesa la cursa de retragere.

Mișcarea principală v este furnizată de motorul mașinii M prin roțile de schimb a_v/b_v care asigură la mașina 5110 următoarele curse duble $n_{cd} = 60, 80, 100, 120$ și 180 c_d/min pe lungimea cursei L_c cuprinsă între 30 și 60 mm. Mișcarea de rotație a motorului este transformată în mișcare rectilinie alternativă de mecanismul bielă manivelă BM și imprimată piesei prin cama cilindrică C_E.

Mișcarea sculelor este asigurată prin cama K_w care primește mișcarea prin legătura cinematică l_1 de la lanțul cinematic principal, prin mecanismul de transformare MT și prin mecanismul cu clichet M_k și o transmite pîrghiei PR și corpului sculelor CS, care asigură avansul radial w_R la fiecare cursă dublă a piesei. Cama K_α are un profil circular cu două raze diferite și primește mișcarea în punctul l_2; cînd vîrful pîrghiei PR calcă pe cercul mare a camei se execută cursa de lucru a piesei, iar cînd vîrful pîrghiei calcă pe cercul mic se execută cursa de retragere a piesei și sculele execută mișcarea w_α prin ridicarea corpului sculelor CS datorită arcului AR.

Motorul M_p poziționează capul sculelor prin cuplajul CP, angrenajul melcat AM și șurubul $Ş$ împreună cu suportul arcului SA.

b) Mașini de finisare a danturii roților cilindrice prin copiere. La rectificarea prin copiere contactul dintre sculă și piesă este pe tot flancul dintelui în timp ce la rulare contactul se face după o linie sau teoretic punctiform. Astfel, la rectificarea prin copiere, participă la așchiere un număr foarte mare de granule, în comparație cu rectificarea prin rulare.

Discurile abrazive se profilează după forma golului dintre dinți (fig. 11.4, *a*) sau după forma flancului (fig. 11.4, *b* și *c*). Denumirea acestor mașini este legată de firma producătoare (Orcutt, SFEDR, Minerva, Zahnradwerke 5860 etc.).

În toate cazurile scula S execută mișcarea principală v (de rotație în jurul axei sale), mișcarea de avans longitudinal w_l, precum și avansul w_t, de pătrundere, care se realizează intermitent la fiecare cursă dublă a mișcării w_l sau la fiecare rotație a piesei. După prelucrarea unui dinte se realizează mișcarea de divizare w_d. Pentru prelucrarea danturilor înclinate piesa execută rotația suplimentară w_E, iar scula se poziționează după tangenta la elice cu mișcarea w_l. Mașinile care lucrează după principiul *b* și *c* realizează poziționarea discurilor cu mișcarea de distanțare w_{ds} sau în cazul *b* discul poate lucra în poziție centrică sau în poziție necentrică ca în cazul *c*.

Una din cele mai dificile probleme la exploatarea acestor mașini este operația de profilare a discurilor abrazive.

Profilarea discurilor după forma secțiunii golului dintre dinți (fig. 11.4, *a*) este mai dificilă decît profilarea discurilor după forma flancului (fig. 11.4, *b* și *c*). La profilarea discurilor abrazive se utilizează două sisteme.

Scanned with OKEN Scanner

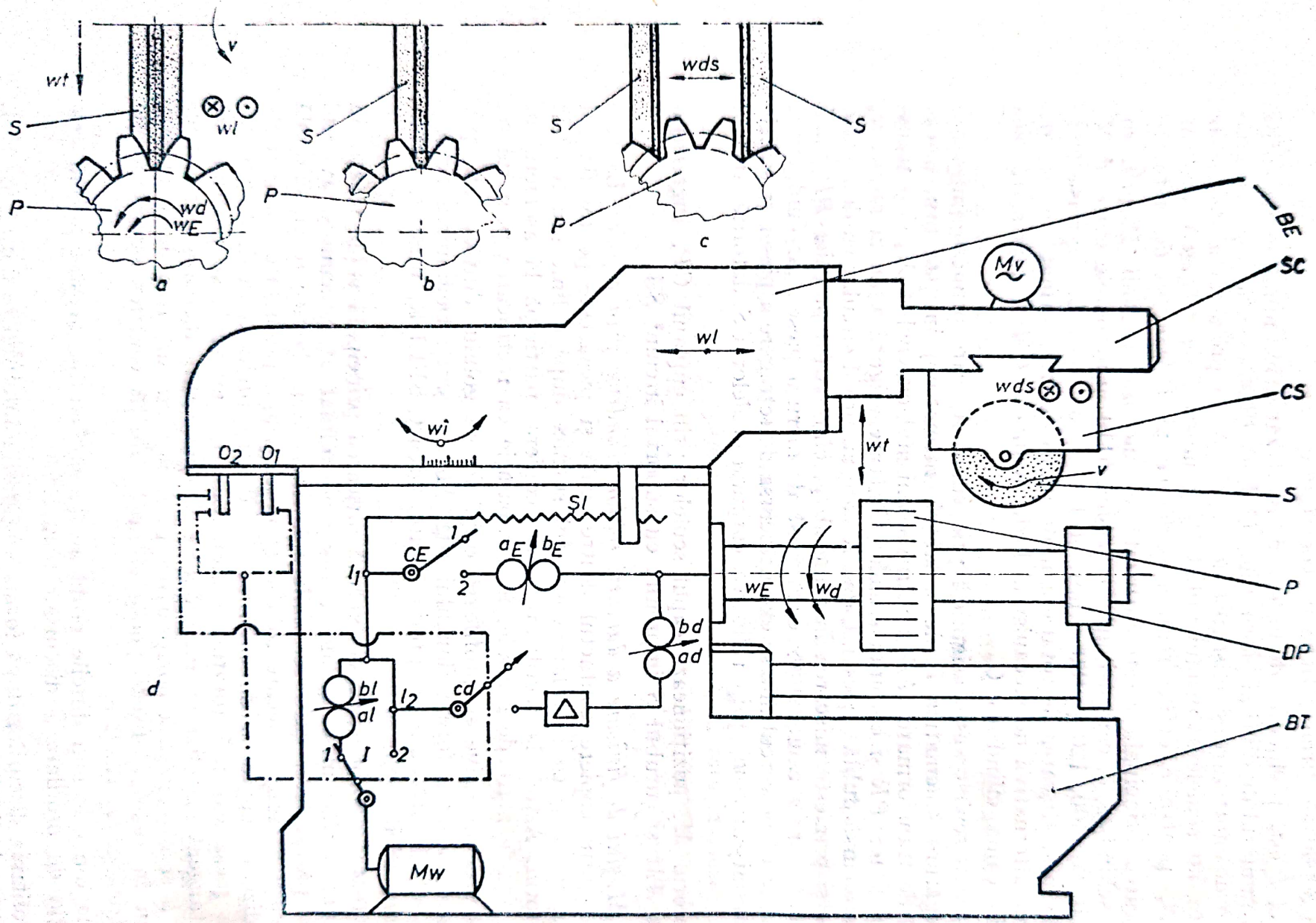


Fig. 11.4. Mașină de rectificat dantura roților cilindrice prin copiere.

Scanned with OKEN Scanner

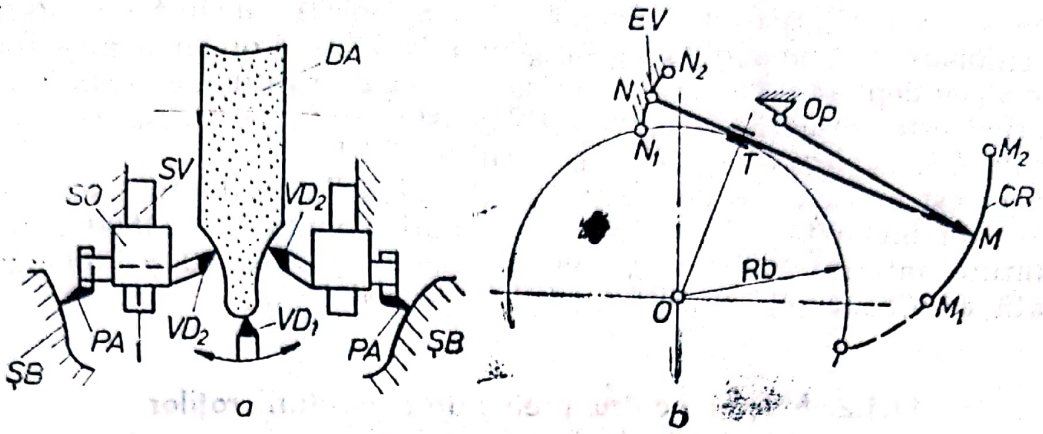


Fig. 11.5. Sisteme de profilare a discurilor abrazive după forma dinţilor.

Un sistem de copiere după şablon (fig. 11.5, *a*) şi un sistem de generare (fig. 11.5, *b*).

Maşinile Orcutt utilizează sistemul de copiere format din vîrful cu diamant VD_1 (fig. 11.5, *a*) condus pe o traiectorie circulară şi din vîrfurile cu diamant VD_2 care sînt conduse de palpatoarele PA pe şabloanele SB, cu ajutorul săniilor verticale SV şi orizontale SO după o traiectorie evolventică.

Maşinile SFEDR utilizează sistemul de profilare prin generare. Segmentul MN (fig. 11.5, *b*) materializat printr-o bară rulează pe cercul de bază, de rază R_b, al roţii-piesă, avînd la capătul N diamantul, iar la capătul M palpatorul. Palpatorul se mişcă pe cercul CR cu centrul în articulaţia O_p. Raportul mare al segmentelor MT şi NT permite aproximarea arcului de cerc M_1M_2 cu un arc de evolventă. Astfel, pe discul abraziv diamantul profilează evolventa N_1N_2 cu erori foarte mici acceptate de practică.

După poziţia axei semifabricatului aceste maşini pot fi orizontale (fig. 11.4, *d*) aşa cum sînt unele maşini Orcutt sau 5860, sau verticale cum este maşina Orcutt GC—48.

Mişcarea principală v este furnizată de motorul M_v printr-o transmisie cu curea, avînd posibilităţi reduse de reglare. Mişcarea w_l de avans longitudinal se realizează cu ajutorul motorului M_w prin inversorul I pe poziţia *1*, roţile de schimb a_l/b_l pentru reglare şi mecanismul de transformare a mişcării de rotaţie în translaţie de tip şurub-piuliţă $Ş_l$. La capătul cursei spre dreapta, opritorul O_1 de pe sania portpiatră comandă schimbarea poziţiei inversorului I din *1* în *2*. Astfel, mişcarea w_l îşi schimbă sensul şi este mai rapidă. În capătul din stînga al cursei longitudinale, după ce discul a ieşit dintre dinţii piesei, şi înainte ca opritorul O_2 să comande inversarea sensului mişcării w_l, comandă închiderea cuplajului C_d, care pune în funcţiune lanţul cinematic de divizare. Acesta este acţionat în l_2 de lanţul de avans longitudinal, şi reglat cu mecanismul de divizare Δ, de tip cu clichet sau cruce de Malta, şi cu roţile de schimb a_d/b_d. Precizia divizării se asigură cu discuri de divizare care se montează pe arborele portpiesă, pentru fiecare piesă de prelucrat. În continuare O_2 comandă inversorul I, pe poziţia *1* şi deschide cuplajul C_d pentru reînceperea ciclului prelucrării unui nou dinte.

Prelucrarea danturilor înclinate se face cuplînd cuplajul C_E care asigură o rotaţie suplimentară a piesei, prin legătură cinematică l_1, pe mă-

sură ce se execută avansul longitudinal w_l. Scula se înclină cu mișcarea de poziționare w_i după direcția tangentei la elice. Corelarea mișcării de rotație w_E cu deplasarea longitudinală w_l se face prin roțile de schimb a_E/b_E.

Mașina este formată din batiul BT, dispozitivul portpiesă DP, capul portsculă CS, suportul capului SC și culisoul BE.

Prin acest procedeu se pot rectifica roți cilindrice cu dantură exterioară dreaptă sau înclinată, avînd diametrul cuprins între 12 și 1800 mm sau cu dantură interioară dreaptă, avînd diametrul între 90 și 760 mm, și înclinată cu diametrul cuprins între 250 și 1600 mm.

11.1.2. Mașini pentru prelucrarea danturii roților cilindrice prin rulare

Clasificarea acestor mașini se poate face după precizia prelucrării, adică: a — mașini de semifinisare a danturii roților cilindrice prin rulare, cu freză-melc, cuțit-roată sau cremalieră; b — mașini de finisare a danturii roților cilindrice prin rulare, utilizînd procedeul șeveruirii sau rectificării cu două discuri abrazive, cu un disc abraziv sau cu melc abraziv.

a_1. *Mașinile de danturat cu freză-melc* prelucrează, în mod obișnuit, danturi evolventice drepte sau înclinate la roți cilindrice, dantura roților melcate, axelor canelate și, uneori, danturi neevolventice pe roți cilindrice sau diferite secțiuni poligonale cu scule adecvate. De asemenea, unele din aceste mașini permit prelucrarea danturii roților cilindroconice, adică roți dințate cu o conicitate mică.

După poziția axei piesei mașinile de danturat cu freză-melc pot să fie verticale (fig. 11.6) sau orizontale. În general mașinile verticale, care sînt cele mai utilizate, sînt formate din batiul BT, sania radială SR care poartă montantul piesei MP cu păpușa mobilă PM, masa rotativă MR ce antrenează piesele P_k cu inima de antrenare IA. Freza-melc FM este fixată în capul portsculă CS care poate fi deplasat cu ajutorul săniei transversale ST, plăcii turnante PT și a săniei verticale SV pe montantul portsculă MS. Mașina poate prelucra, în același timp, o singură piesă sau mai multe piese.

Principiul de lucru al acestor mașini (fig. 11.6, a) constă în materializarea cremalierei de referință generatoare în secțiunea normală pe elicea frezei-melc. Înclinînd freza-melc cu unghiul $\beta \pm \gamma$ (β fiind unghiul de înclinare de divizare a danturii piesei, iar γ a danturii sculei) se aduce cremaliera generatoare în planul frontal al piesei așa încît dreapta de rulare a cremalierei generatoare să fie tangentă la cercul de divizare al piesei. Dacă scula se rotește cu turația n_s și piesa cu turația n_p pentru a avea rulare între sculă și piesă vectorul vitezei tangente în punctul T trebuie să fie egal atît pentru sculă cît și pentru piesă, adică:

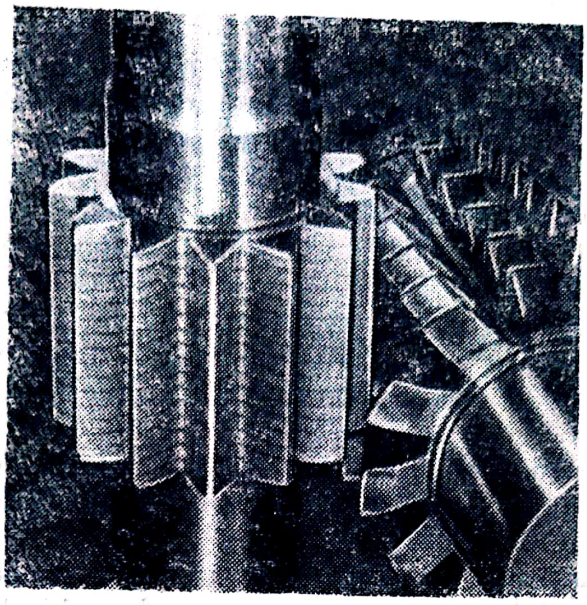
$$v_T = k_s n_s p = \pi D_d n_p,$$

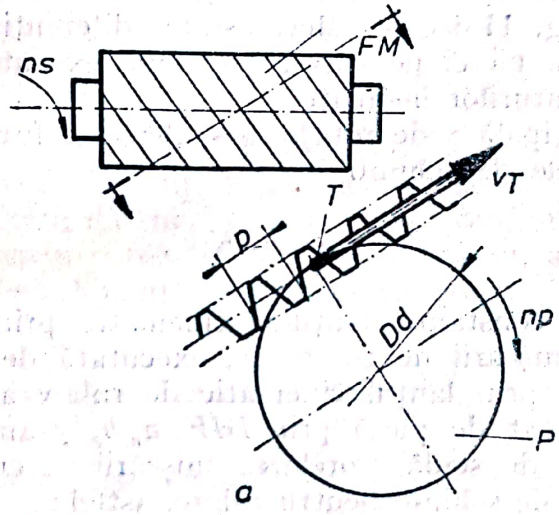
în care k_s este numărul de începuturi al frezei-melc; $p = m\pi$ (pasul); $D_d = mz_p$ (diametrul de divizare); m — modulul danturii; z_p — numărul de dinți ai piesei.

Din egalitatea de mai sus rezultă relația

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{k_s}{z},$$

care asigură o mișcare de rulare între sculă și piesă.





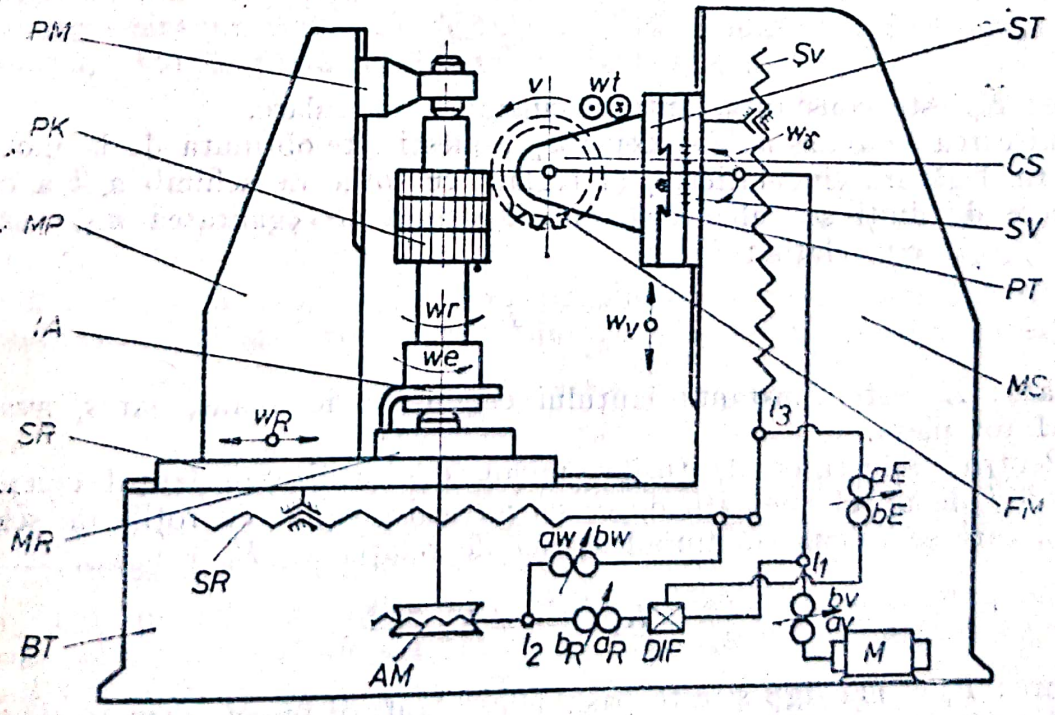


Fig. 11.6. Mașină de danturat cu freză-melc.

Scanned with OKEN Scanner

Freza-melc execută mişcarea principală v, de rotaţie, mişcările de avans vertical w_v şi de avans tangenţial w_t sau, uneori, mişcarea de avans diagonal ($\overline{w}_d = \overline{w}_v + \overline{w}_t$) cuplînd concomitent avansurile w_v şi w_t. De asemenea, freza-melc execută mişcarea de poziţionare w_γ pentru înclinarea frezei şi o mişcare de deplasare axială a sculei (cunoscută sub numele de shifting) pentru uzura uniformă a sculei. Această mişcare de poziţionare axială a sculei nu se realizează în timpul procesului de aşchiere şi se face după un anumit număr de piese.

Roata-piesă execută mişcarea de rotaţie w_r pentru rulare, mişcarea de rotaţie suplimentară w_E pentru prelucrarea danturilor înclinate şi mişcarea de poziţionare radială w_R necesară la prelucrarea unor roţi-piesă mai mari sau mai mici.

Pentru realizarea mişcărilor de generare şi de poziţionare precizate, maşinile de danturat cu freză-melc se construiesc cu mecanism diferenţial sau fără mecanism diferenţial.

Maşinile de danturat cu freză-melc avînd mecanism diferenţial pot fi construite cu diferenţialul înaintea roţilor de schimb pentru rulare sau după acestea (fig. 11.6, *b*). Mecanismul diferenţial realizează rotaţia suplimentară w_E a piesei pe măsură ce scula execută avansul vertical w_v la prelucrarea danturilor înclinate.

Mişcarea principală v de rotaţie a sculei este furnizată de motorul M şi reglată cu roţile de schimb

$$\frac{a_v}{b_v} = K_v n_s,$$

în care K_v este constanta lanţului cinematic principal.

Componenta mişcării de rulare w_r, executată de piesă, este obţinută de la motorul M prin lanţul cinematic de rulare antrenat în punctul l_1 avînd un capăt legat de piesă prin DIF, a_R/b_R şi angrenajul melcat AM şi un capăt legat de sculă. Corelarea mişcării w_r cu mişcarea principală v se face cu roţile de schimb pentru rulare, astfel:

$$\frac{a_R}{b_R} = K_R \frac{k_s}{z_p},$$

unde: K_R este constanta lanţului cinematic de rulare.

Mişcarea de avans w_v a sculei şi w_R a piesei este obţinută de la motorul M prin legătură cinematică l_2 şi reglată cu roţile de schimb a_w/b_w a căror numere de dinţi se calculează, ţinînd seama de egalitatea $n_r s_v = p_{şv} n_{şv}$ (sau $p_R n_R$), cu relaţia:

$$\frac{a_w}{b_w} = K_w s_v,$$

în care: K_w este constanta lanţului cinematic de avans, iar s_v avansul mm/1 rot piesă.

Pentru prelucrarea danturilor înclinate se utilizează lanţul cinematic legat în l_3 de lanţul cinematic de avans vertical şi reglat cu roţile de schimb a_E/b_E, care se calculează ţinînd seama de relaţia $n_{DIF} P_E = n_{şv} p_{şv}$, astfel:

$$\frac{a_E}{b_E} = K_E \frac{\operatorname{tg}\beta}{k_s m_f} = K_E \frac{\sin\beta}{k_s m_n},$$

în care: $P_E = m_f z_p / \operatorname{tg}\beta$ şi este pasul elicei danturii piesei; $m_f m_n$ — modulul frontal (f), normal (n); β — unghiul de înclinare de divizare a danturii

piesei ; n_{DIF} — turația suplimentară a piesei ; $n_{șv}$ și $p_{șv}$ — turația și pasul șurubului vertical.

Aceste mașini au pentru exploatare avantajul că numărul de dinți z_p ai piesei nu influențează calculul roților de schimb a_E/b_E. Deci cu aceeași reglare se pot prelucra toate roțile de același modul și cu aceeași înclinare β a danturii dacă freza-melc nu se schimbă ca număr de începuturi k_s.

Plasarea mecanismului diferențial înaintea roților de schimb pentru rulare conduce la o altă formulă de calcul pentru roțile de schimb din lanțul de prelucrare a elicelor, adică :

$$\frac{a_E}{b_E} = K_E \frac{\operatorname{tg} \beta}{m_f z_p} = K_E \frac{\sin \beta}{m_f z_p},$$

care depinde de numărul de dinți z_p ai piesei. Deci, o astfel de mașină este mai greu de exploatat deoarece reglajul se schimbă la fiecare roată de același modul și același unghi de înclinare de divizare β, dacă numărul de dinți z_p variază.

În cazul mașinilor fără mecanism diferențial ecuația de rulare, devine :

$$\frac{n_p}{n_p} = \frac{k_s}{z_p \pm z_x},$$

unde se adaugă numărul de dinți z_x cu care piesa se va roti în plus la coborîrea sculei în unitate de timp cu viteza w_v (mm/min). Dacă se ține seama de faptul că pentru o rotație completă a piesei, adică cu z_p dinți, scula se deplasează de-a lungul axei piesei cu pasul elicei PE se poate scrie că :

$$z_x = \frac{w_v \cdot z_p}{P_E} = \frac{s_v n_p z_p}{P_E},$$

unde : s_v în mm/rot piesă este avansul vertical al sculei.

Cu această relație se poate scrie ecuația de calcul pentru roțile de schimb de reglare a lanțului cinematic de rulare, în cazul mașinilor fără mecanism diferențial, cînd se prelucrează danturi înclinate, astfel :

$$\frac{a_R}{b_A} = K'_R \frac{k_s}{z_p} \frac{P_E}{P_E \pm w_v},$$

în care : $w_v = s_v n_p$ și K'_R este constanta lanțului cinematic de rulare pentru acest caz.

Pentru reglarea mașinii de danturat cu freză-melc cazul *frezării* în *diagonală* se calculează roțile de schimb a_{ED}/b_{ED} cu următoarea relație :

$$\frac{a_{ED}}{b_{ED}} = K_{ED} \frac{\cos(\beta \pm \gamma)}{m_f k_s},$$

în care K_{ED} este constanta lanțului cinematic și γ — unghiul de înclinare a danturii frezei-melc. În acest caz mașina permite cuplarea simultană a avansului tangențial cu avansul axial.

În cazul prelucrării roților melcate cu avans tangențial unghiul de înclinare a axei frezei-melc, față de planul frontal al piesei, este nul, adică $\beta \pm \gamma = 0$ și relația precedentă devine :

$$\frac{a_{ED}}{b_{ED}} = \frac{K_{ED}}{m_f k_s}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Frezarea danturilor în diagonală asigură o utilizare mai bună a sculei ca în cazurile de frezare axială sau radial-axială și de asemenea o calitate mai bună a suprafeței prelucrate cu rizuri de frezare încrucișate favorabile pentru finisarea prin șeveruire.

Precizia de prindere a piesei și sculei pe mașinile de danturat cu frezămelc influențează sensibil calitatea prelucrării. Prinderea piesei se va face respectînd valorile limită pentru bătaia radială (tab. 11.2) și pentru bătaia frontală (tab. 11.3) unde s-a notat cu b_R bătaia radială limită din tabelul 11.2, cu d — diametrul cercului pe care se măsoară bătaia frontală, în mm și cu b — lățimea roții, în mm.

Tab. 11.2. **Bătaia radială la roți cilindrice.**

Clasa de precizie a roții STAS 6273-60	Bătaia radială maximă admisă în μm					
	Diametrul roții de prelucrat, în mm					
	sub 200	200—400	400—800	800—1200	1200—2000	2000—4000
3 și 4	15	20	30	50	70	100
5, 6 și 7	25	35	50	80	130	200
8, 9 și 10	40	60	70	100	150	250
11 și 12	80	120	160	220	200	500

Tab. 11.3. **Bătaia frontală admisă la roți cilindrice.**

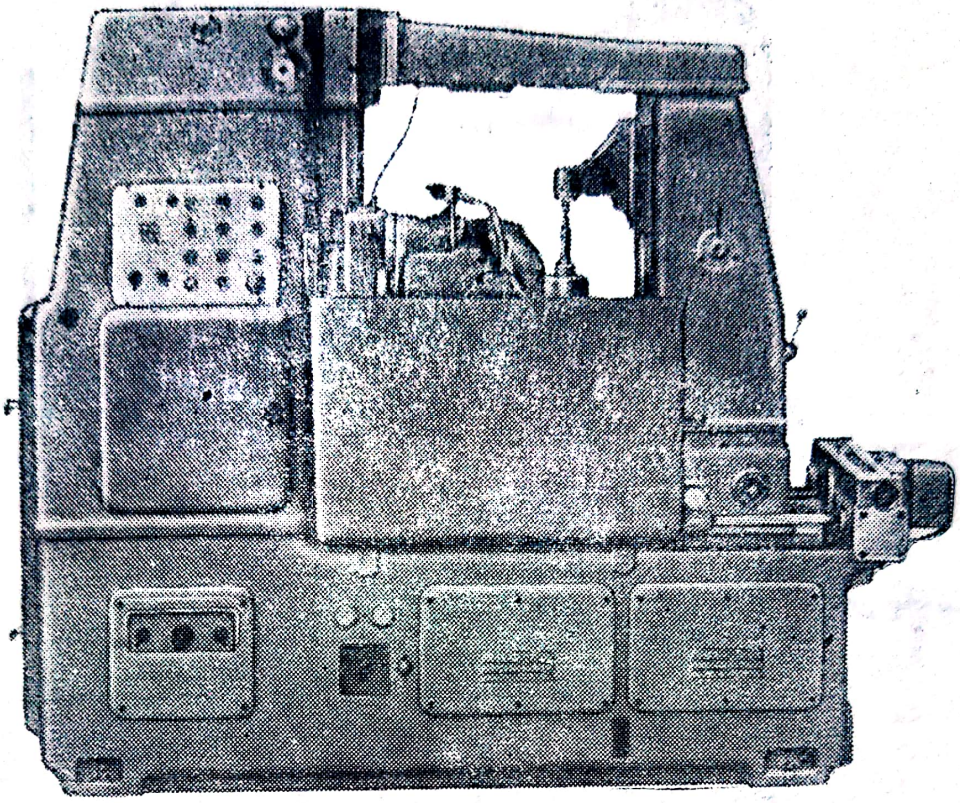
Clasa de precizie a roții STAS 6273-60	3 și 4	5, 6 și 7	8, 9 și 10	11 și 12
Bătaia frantală maximă admisă μm	$0{,}15 b_R \frac{d}{b}$	$0{,}2 b_R \frac{d}{b}$	$0{,}25 b_R \frac{d}{b}$	$0{,}3 b_R \frac{d}{b}$

În figura 11.7 se prezintă două mașini românești (FD—320 și FD—250/400), iar în figura 11.8 două mașini de fabricație străină.

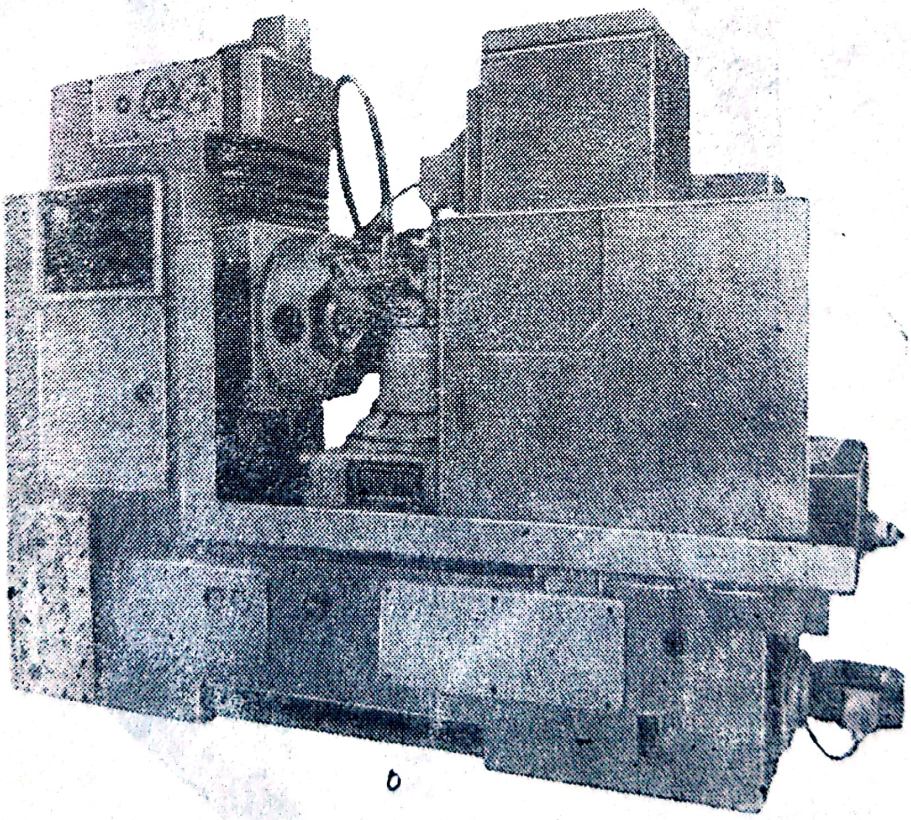
a_2. *Mașinile de danturat cu cuțit-roată* pot să fie după poziția arborelui portsculă *verticale* (care sînt cele mai utilizate) și *orizontale* (destinate în general pentru prelucrarea roților dințate mari). După organele de execuție care realizează mișcarea oscilantă de retragere la cursa de gol, pentru ca scula să nu frece piesa cu suprafața de așezare, se deosebesc *mașini la care piesa, montată pe masa mașinii, execută mișcarea de retragere și mașini la care scula împreună cu suportul său execută mișcarea de retragere.*

O mașină de danturat cu cuțit-roată de tip vertical cu mișcarea de retragere executată la cursa de gol, de către sculă este formată din ba-

Scanned with OKEN Scanner



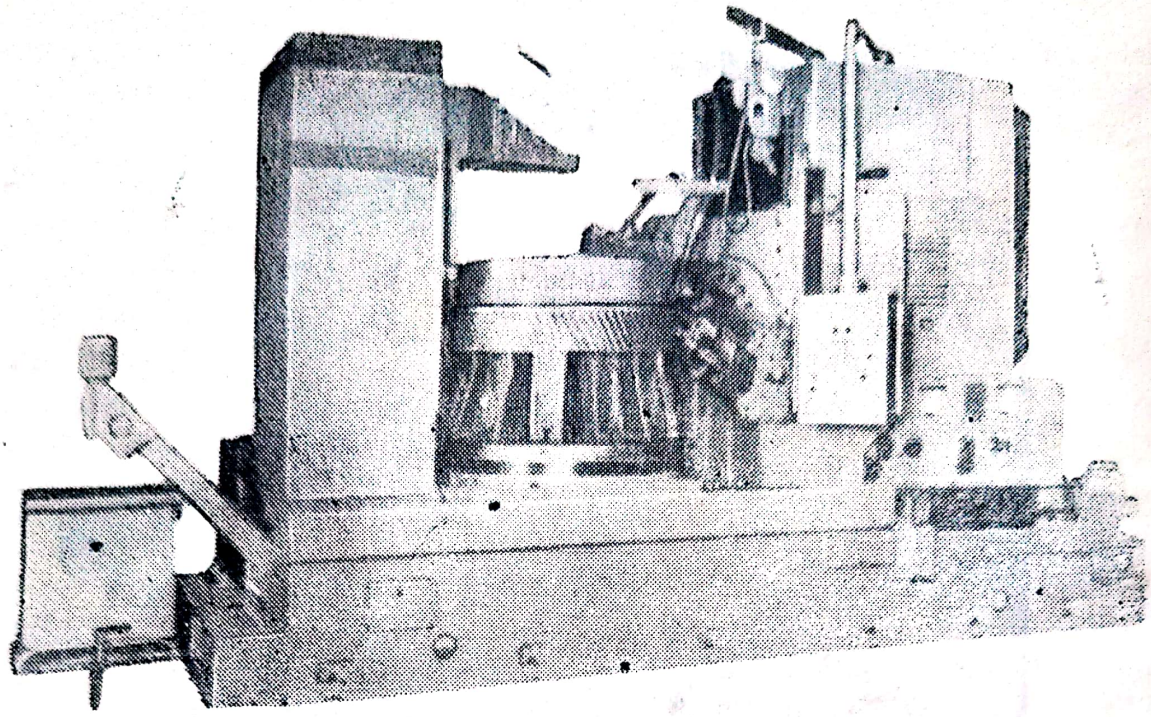
a



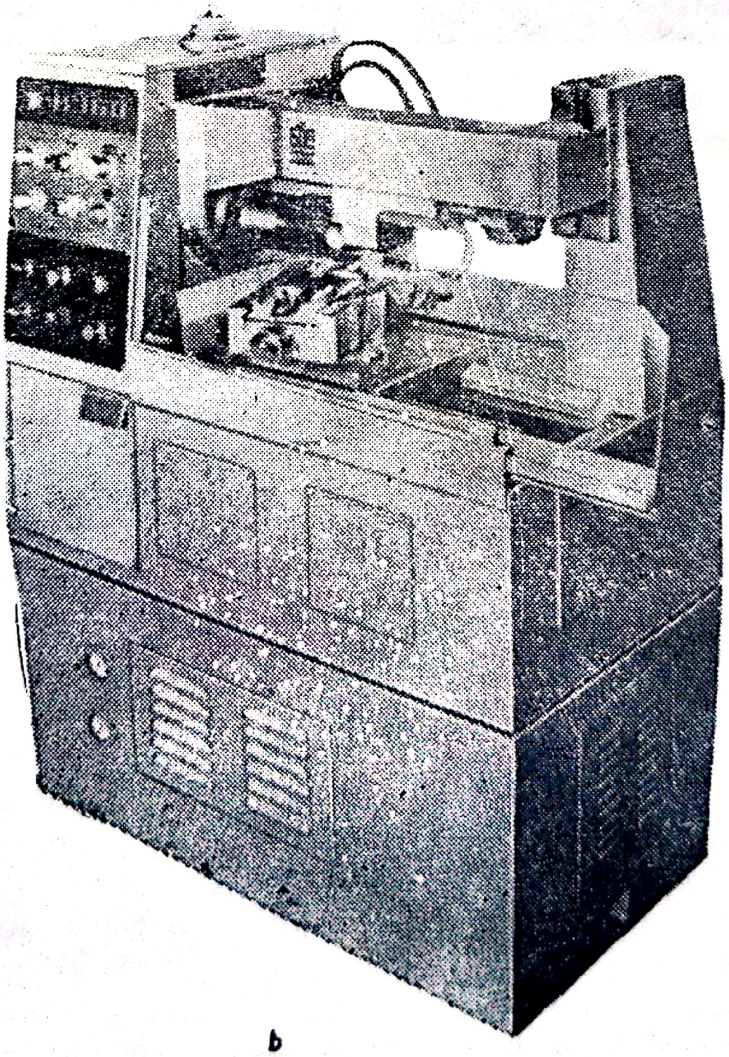
b

Fig. 11.7. Mașini de danturat cu freză-melc fabricate la U.M. Cugir.

Scanned with OKEN Scanner



a



b

Fig. 11.8. Mașini de danturat cu freză-melc.

Scanned with OKEN Scanner

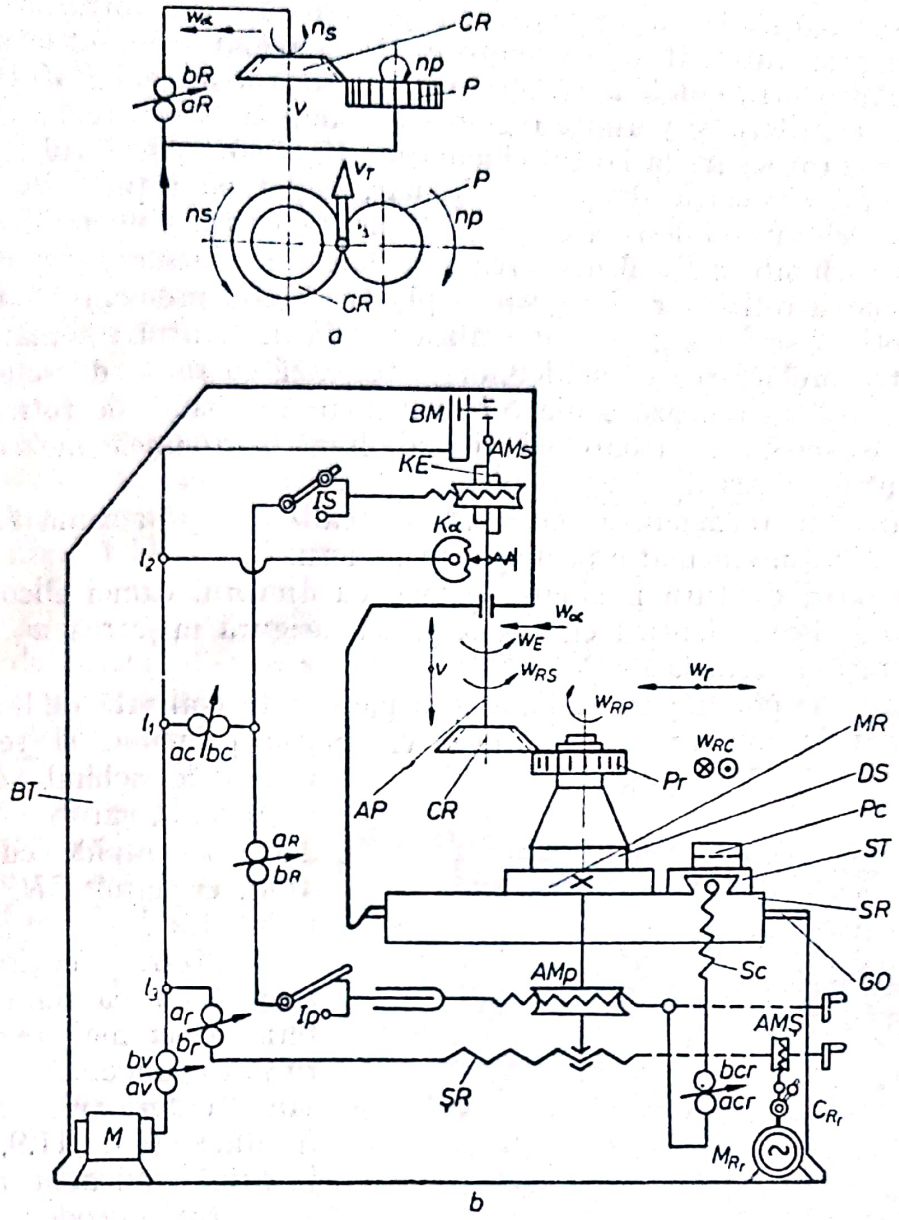


Fig. 11.9. Maşină verticală de danturat cu cuţit-roată.

tiul BT (fig. 11.9, *b*), arborele principal AP, masa rotativă MR, dispozitivul DS al piesei-roată P_r, sania transversală ST, care se montează la prelucrarea pieselor cremalieră P_c şi sania radială SR, care se deplasează pe ghidajele orizontale GO.

Pentru realizarea rulării vectorii vitezei tangenţiale v_T (fig. 11.9, *a*) la cercul de rulare al sculei şi piesei trebuie să fie egali, adică:

$$v_T = \pi m_f z_p n_p = \pi m_{fp} z_s n_s,$$

de unde rezultă ecuaţia rulării

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{z_s}{z_p},$$

în care m_f reprezintă modulul frontal al piesei (p) şi sculei (s); $z_{s,p}$ — numărul de dinţi; $n_{p,s}$ — turaţia.

Pentru generarea danturii piesei scula materializează o roată conjugată piesei.

Cuțitul-roată CR execută mișcarea principală v de mortezare prin lanțul cinematic antrenat de la motorul M și reglat prin roțile de schimb dințate sau pentru curele a_v/b_v. Mecanismul bielă-manivelă BM transformă rotația în translație și permite reglarea lungimii cursei cu reglarea lungimii manivelei. Prin legare la lanțul cinematic principal, în punctul l_1 se antrenează lanțul cinematic de avans circular, reglat cu roțile a_c/b_c, care asigură mărimea vitezei de rulare v_r și antrenează lanțul cinematic de rulare. Roțile de schimb a_R/b_R pentru reglarea lanțului cinematic de rulare asigură corelarea rotirii piesei w_{Rp} sau deplasării w_{Rc} la prelucrarea cremalierelor cu rotirea sculei w_{Rs} pentru realizare rulării. Lanțul cinematic de rulare pentru prelucrarea cremalierelor se reglează cu roțile de schimb a_{cr}/b_{cr} și șurubul SC antrenează sania ST. Inversarea sensului de rotire a sculei și piesei se face cu inversoarele I_s și I_p de lîngă angrenajele melcate de rotire a sculei AM_s și de rotire a piesei AM_p.

Mișcarea de retragere a sculei w_α se realizează prin cama K_α, antrenată de la lanțul cinematic principal în punctul l_2.

Prelucrarea danturii înclinate se face cu ajutorul camei elicoidale KE care, avînd elicea identică cu cea a piesei, asigură mișcarea w_E de rotire suplimentară a sculei.

Mișcarea de poziționare radială w a piesei este realizată de lanțul cinematic legat în punctul l_3 la lanțul cinematic principal și reglat prin roțile de schimb a_r/b_r care antrenează șurubul SR sau la deplasări rapide cu motorul MR_r, cuplajul CR_r și angrenajul AM_s.

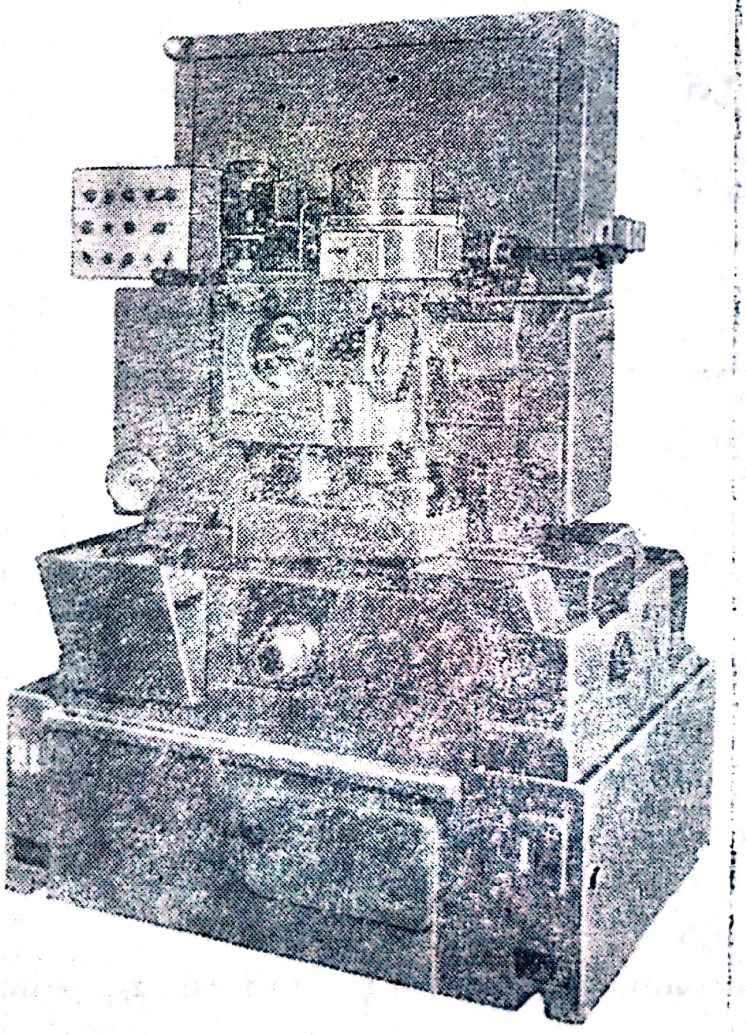


Fig. 11.10. Exemple de mașini de danturat cu cuțit-roată.

Utilizarea cuțitului-roată la prelucrarea danturilor interioare, cremalierelor, contururilor poligonale interioare sau exterioare, danturilor frontale (fig. 11.9, *c*) ș.a. justifică aplicarea mai largă a acestui procedeu.

Actualmente se utilizează o gamă foarte diversă de mașini de danturat cu cuțit-roată (fig. 11.10) atît verticale cît și orizontale.

a_3. Mașini de danturat cu cuțit-cremalieră. În funcție de poziția axei piesei aceste mașini pot fi verticale de tip Maag sau orizontale de tip Sunderland. Mașinile Maag lucrează după principiul de generare cu dreaptă fixă, utilizînd o singură sculă, iar cele de tip Sunderland lucrează după principiul de generare cu dreaptă mobilă, utilizînd un cuțit-cremalieră

Scanned with OKEN Scanner

pentru piese cu diametrul pînă la 1000 mm şi două cuţite-cremalieră la prelucrarea danturilor în *V* şi diametre pînă la 3000 mm.

Cuţitul-cremalieră materializează cremaliera generatoare a danturii prelucrate.

Maşinile verticale cu cuţit-cremalieră sînt cele mai utilizate şi au o formă constructivă asemănătoare cu a unei maşini de mortezat. Acestea sînt formate din batiul *BT* (fig. 11.11, *b*), placa turnantă *PT* cu ghidajele verticale *GV*, culisorul *BR*, suportul deplasabil *SD*, dispozitivul portpiesă *DS*, masa rotativă *MR*, sania transversală *ST*, sania longitudinală *SL*, care se deplasează pe ghidajele orizontale *GO*.

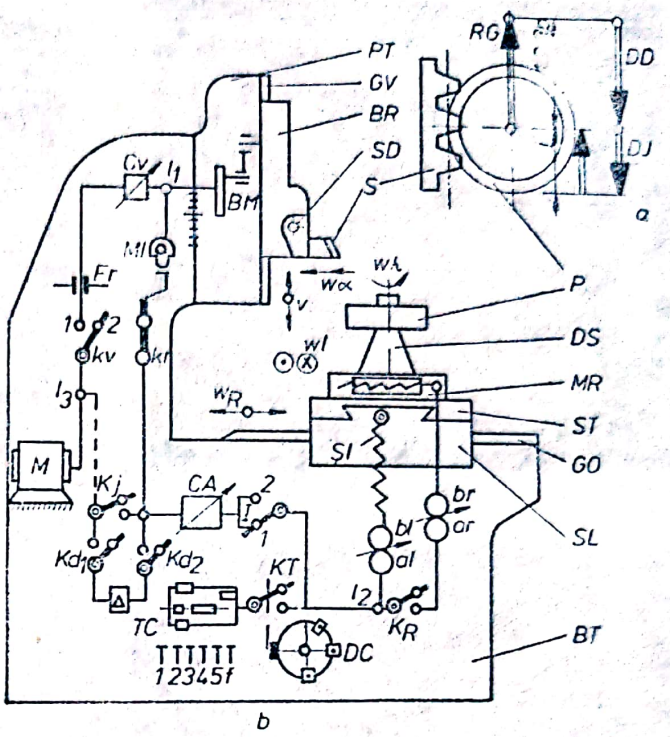


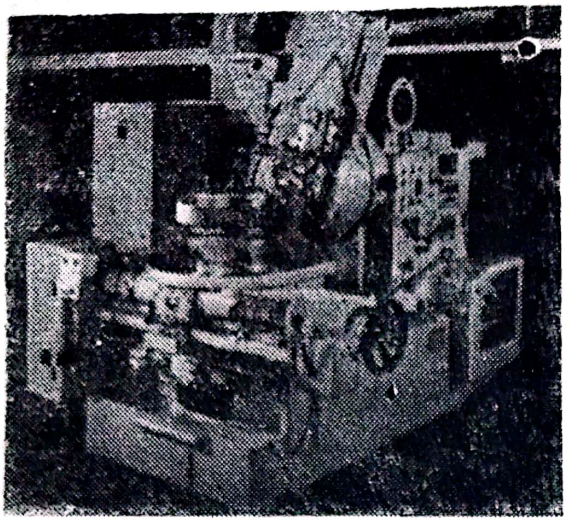
Fig. 11.11. Maşină verticală de danturat cu cuţit-cremalieră.

Pentru generarea danturii, piesa *P* (fig. 11.11, *a*) rulează pe scula *S* după un ciclu de prelucrare format din: rularea piesei pentru generare *RG* pe 1, 2 sau 3 paşi, deplasarea piesei, fără rotire în sens invers decît la generare, pînă în poziţia iniţială, pentru divizare *DD*, deplasarea în continuare a piesei pentru preluarea jocurilor *Dj*, inversarea sensului de deplasare şi revenirea în poziţia iniţială pentru reluarea ciclului de lucru. Faza de divizare şi de preluare a jocului se execută cu culisoul *BR* oprit în poziţia superioară a cursei.

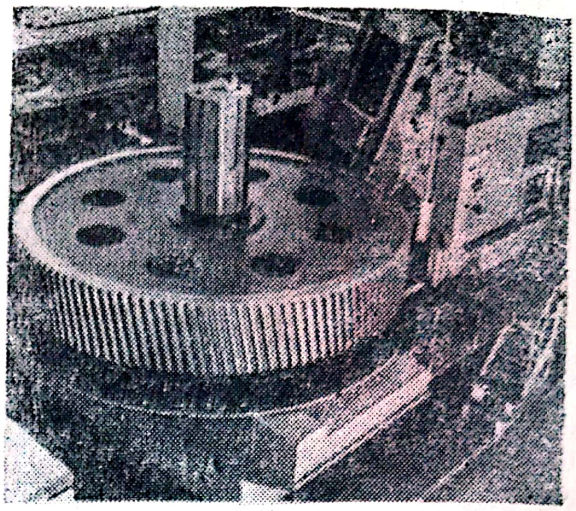
Mişcarea principală *v* de mortezare, executată de scula *S* este obţinută de la motorul *M* şi reglată cu ajutorul cutiei de viteze *CV*. Lungimea cursei se reglează cu mecanismul bielă-manivelă *BM* prin reglarea lungimii manivelei. În lanţul cinematic principal mai există frînă *F* şi cuplajul K_r. Maşina SH—600 (fig. 11.12, *c*) Maag, care prelucrează piese mari ($\varnothing_p = 450 - 7350$ mm şi modulul de la 2 la 60 mm) are lanţul cinematic principal antrenat de un grup generator motor (Ward-Leonard) care elimină cutia de viteze şi are un mecanism şurub-piuliţă pentru transformarea rotaţiei în translaţie în locul bielei cu manivelă.

Mişcarea de rulare, cu componenta de rotaţie w_r şi de translaţie w_t a piesei este obţinută cu ajutorul lanţului cinematic de rulare. Acesta este antrenat în punctul l_2 prin inversorul *I*, cutia de avansuri *CA*, care reglează viteza de rulare, cuplajul unisens k_r şi mecanismul de intermitenţă *MI* de tip pîrghie-clichet care transformă rotaţia continuă, primită în l_1 de la lnţul cinematic principal, în rotaţie intermitentă. Lanţul cinematic de rulare se reglează prin roţile de schimb a_r/b_r. Roţile de schimb a_t/b_t reglează divizarea, care se face prin deplasarea liniară a piesei rotită cu 1, 2 sau 3 paşi din faza de generare *RD* în poziţia iniţială.

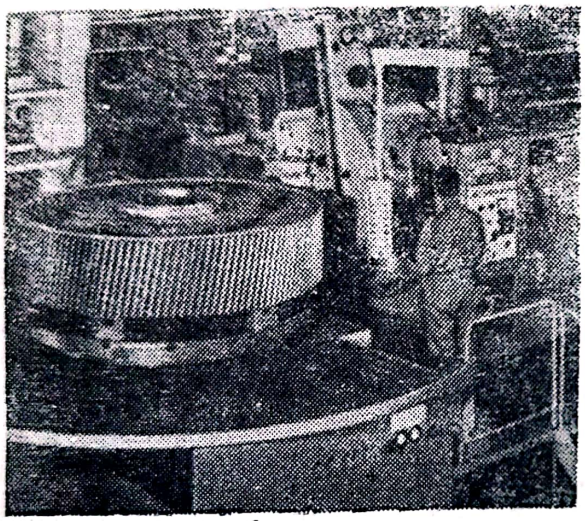
Ciclul de lucru a maşinii este comandat automat de către tamburul de comandă *TC* şi discul de comandă *DC*.



a



b



c

Fig. 11.12. Maşini verticale de danturat cu cuţit-cremalieră de tip Maag.

Faza de generare prin rulare *RG* are loc la o rotaţie înceată a tamburului *Tc* de 4/10 din o rotaţie. În acest timp cuplajul K_v este închis, frîna F_r este desfăcută, inversorul *I* pe poziţia *1* pentru deplasarea roţii-piesă în sensul săgeţii *RG*, şi cuplajul *KR* închis.

La faza de deplasare rapidă înapoi, pentru divizare *DD*, fără rotirea piesei, tamburul se roteşte cu încă 4/10 dintr-o rotaţie. Mişcarea în acest caz este preluată din lanţul cinematic principal în punctul l_3, prin cuplajele $K_{d1,2}$, mecanismul de divizare Δ, cutia de avansuri *CA* şi inversorul *I* pe poziţia *2*, comandă făcîndu-se cu ajutorul tamburului *TC*. La începutul acestei faze tamburul *TC* comandă decuplarea cuplajului K_v şi frîna F_r pentru frînarea lanţului cinematic principal şi oprirea culisoului *BR* în partea superioară a cursei, precum şi deschiderea cuplajului *KR* pentru ca piesa să nu execute mişcarea de rotaţie. Pentru deplasarea piesei pe 1, 2 sau 3 paşi mecanismul de divizare se reglează pentru a transmite un anumit număr de rotaţii la şurubul longitudinal *SL* în funcţie de mărimea pasului cuţitului-cremalieră şi respectiv a piesei.

Deplasarea pentru preluarea jocului *DJ* se face la o rotire rapidă de 1/10 din o rotaţie a tamburului de comandă, cînd se decuplează cuplajele $K_{d1,2}$ şi se cuplează K_j pentru deplasarea în continuare pe distanţa *j*. Pentru deplasarea, în sens invers, pe aceeaşi distanţă *j* tamburul de comandă se roteşte rapid cu 1/10 din o rotaţie şi comandă readucerea inversorului

Scanned with OKEN Scanner

I pe poziția *1* și cuplarea lui K_R. La sfîrșitul acestei deplasări pentru începerea unui nou ciclu cuplajul K_1 și frîna F_r se deschid, iar K_2 se închide.

Discul de comandă *DC* comandă cuplarea, și decuplarea mișcării de rotire a tamburului *TC*. Cu ajutorul unor mecanisme adecvate se poate roti încet sau rapid tamburul pentru reglaje sau pentru lucrări speciale mărind sau micșorînd timpul ciclului de lucru după necesități. Mașina este dotată cu un mecanism numărător care se reglează la numărul de dinți ai piesei și cînd aceasta a fost complet prelucrată mecanismul numărător comandă oprirea mașinii.

Firma elvețiană Maag produce trei tipodimensiuni de mașini cu cuțit cremalieră (fig. 11.12). Primul tip (fig. 11.12, *a*) SH—75—K prelucrează piese cu diametrul maxim de 750 mm și cu modulul de la 1 pînă la 25 mm. Al doilea tip (fig. 11.12, *b*) SH—450/5005 prelucrează piese cu diametrul cuprins între 250 și 5000 mm avînd modulul cuprins între 2 și 50 mm. Tipul al treilea (fig. 11.12, *c*) este destinată pieselor foarte mari cu diametrul cuprins între 450 și 7350 mm și modulul de 2 pînă la 60 mm.

b) Mașini de finisare a danturii roților cilindrice prin rulare. Procedeele de finisare se aplică roților dințate, în funcție de tratamentul termic aplicat acestora. Astfel *roțile dințate îmbunătățite se finisează prin șeveruire, rectificare, rolare, rodare etc.*, iar cele *cementate se finisează prin rectificare, șeveruire (aplicată înainte de călire— lepuire, honuire, tușare etc.* Finisarea se poate face cu două sau chiar mai multe procedee cum ar fi de exemplu la roțile cementate, șeveruite înainte de călire, se aplică după călire o șeveruire abrazivă sau honuire, iar la cele cementate și rectificate se supun în final la operația de tușare care îmbunătățește calitatea suprafeței.

b_1) Mașini de șeveruit. La șeveruire se utilizează o sculă sub formă de roată dințată și mai rar sub formă de cremalieră, cu caneluri pe flancuri pentru formarea muchiilor așchietoare. Scula este executată din oțel rapid avînd o precizie înaltă de execuție, comparabilă cu a unei roți etalon. Muchiile sculei detașează așchii foarte fine, cu grosimea de 0,005 pînă la 0,1 mm, datorită mișcării de alunecare existentă între flancurile angrenajului elicoidal șever-piesă (fig. 11. 13) și a presiunii de contact, creată între flancuri, pentru ca scula să poată detașa așchii.

Mișcarea de așchiere (fig. 11.13, *d*) este dată de suma mișcărilor relative dintre flancurile sculei și piesei cum

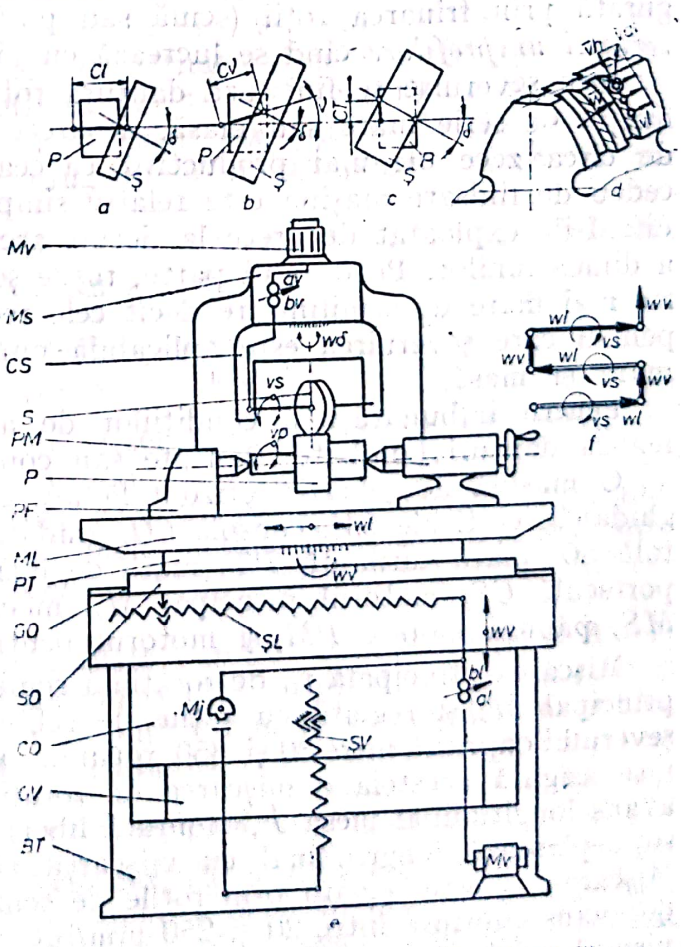


Fig. 11.13. Mașina de șeveruit orizontală.

sînt: mişcarea de alunecare longitudinală a flancurilor $\bar{v}_l$, mişcarea de alunecare a profilelor v_h şi cu o pondere mai mică mişcarea de avans $\bar{w}$, adică:

$$\bar{v}_{as} = \bar{v}_l + \bar{v}_h + \bar{w} = \bar{v}_{aT} + \bar{w},$$

unde $\bar{v}_{aT}$ reprezintă vectorul mişcării totale de alunecare din angrenare.

Maşinile de şeveruit se clasifică după poziţia axului sculei sau piesei în *maşini de şeveruit orizontale* care pot fi cu şeverul deasupra piesei (fig. 11.13) sau cu şeverul în spatele piesei şi *maşini de şeveruit verticale.*

Maşinile de şeveruit orizontale sînt destinate să prelucreze de regulă piese mici şi mijlocii, iar uneori şi piese mari. La aceste maşini în general scula este acţionată în mişcarea de rotaţie, iar piesa este liberă pe ax.

Maşinile de şeveruit verticale sînt destinate să prelucreze piese mari şi, ca urmare, scula este montată liber pe ax, iar piesa este acţionată prin lanţul cinematic principal, deoarece aceasta are o masă mare şi la schimbarea sensului de mişcare apar şocuri care pot distruge scula avînd o masă mult mai mică.

Pentru detaşarea aşchiilor muchiile şeverului se presează pe suprafaţa flancurilor piesei, deoarece scula nu are vîrfuri care să pătrundă în materialul piesei de prelucrat. Totuşi, datorită contactului punctiform dintre flancurile sculei şi piesei, tăişurile sculei nu lucrează cu toată lungimea lor. Presiunea necesară, dintre flancurile sculei şi piesei, se asigură în direcţie radială, prin micşorarea distanţei dintre axe la angrenajul şever-piesă de prelucrat, în cazul *şeveruirii biprofilare*, cînd se lucrează fără joc între flancuri. La unele maşini se lucrează cu presiune tangenţială asigurată prin frînarea roţii (sculă sau piesă) care este liberă, în cazul *şeveruirii uniprofilare* cînd se lucrează cu joc între flancuri.

Prin şeveruire se finisează dantura roţilor cilindrice, fabricate în producţia de serie mare sau masă, deoarece prelucrarea prin şeveruire este de circa zece ori mai productivă ca cea prin rectificare. La acest procedeu de finisare maşina este relativ simplă, iar scula este complicată şi dificil de exploatat deoarece la fiecare ascuţire implică o nouă recalculare a dimensiunilor. Pe de altă parte, roţile şeveruite trebuie să aibă o precizie mai mare de semifinisare decît cele rectificate, acestea fiind motivele pentru care şeveruirea este aplicabilă numai în cazul producţie de serie mare şi masă.

Pentru îmbunătăţirea condiţiilor de angrenare prin şeveruire se pot realiza danturi bombate, flancate sau conicizate.

O maşină de şeveruit orizontală are ca părţi principale: batiul *BT*, ghidajele verticale *GV*, consola *CO*, ghidajele orizontale *GO*, sania orizontală *SO*, placa turnantă *PT*, masa de lucru *ML*, păpuşa fixă *PF*, capul portsculă *CS*, motorul principal M_v, mecanismele de antrenare a sculei *MS*, păpuşa mobilă *PM* şi motorul pentru mişcările de avans M_w.

Mişcarea principală v_s, de rotaţie a sculei *S*, este furnizată de motorul principal M_v şi reglată cu roţile de schimb a_v/b_v care asigură o turaţie şeverului cuprinsă între 30 şi 350 rot/min. Prin angrenarea sculei cu piesa, i se asigură acesteia o mişcarea de rotaţie v_p. Prin lanţul cinematic de avans longitudinal piesa *P*, montată liber, între vîrfuri, pe masa maşinii, se deplasează longitudinal cu mişcarea w_l obţinută de la motorul M_w. Mişcarea w_l este reglată prin roţile de schimb a_L/b_L care asigură o viteză de avans cuprinsă între 20 şi 250 mm/rot, şi imprimată piesei prin mecanismul şurub piuliţă *SL*.

Scanned with OKEN Scanner

Lanțul cinematic pentru avans vertical intermitent w_v primește mișcarea de la lanțul avansului longitudinal și conține mecanismul de intermitență MI tip cu clichet sau hidraulic și șurubul vertical SV care asigură piesei mișcarea respectivă. Mișcările de generare v_s și w_t (fig. 11.13, *f*) se realizează concomitent, iar w_v intermitent. Odată cu schimbarea sensului mișcării w_t se schimbă și sensul mișcării principale v_s și se realizează avansul vertical w_v, avînd valori cuprinse între 0,02 și 0,40 mm/cd. Valoarea avansului w_v se reglează cu ajutorul mecanismului de intermitentă MI.

Inversarea mișcărilor w_t și v_s se face cu limitatoare de cursă care comandă inversarea a două faze între ele la motoarele asincrone M_s și M_w.

Pentru prelucrarea piesei mașina mai permite realizarea mișcării de poziționare w pentru realizarea unghiului de încrucișare a axelor $\delta = \beta_{dp} \pm \pm \beta_{ds}$; mărimile $\beta_{dp,s}$ fiind unghiurile de înclinare de divizare a danturii piesei și sculei; semnul plus se ia la aceleași sensuri de înclinare a dinților, iar minusul la sensuri contrarii.

Masa mașinii se poate poziționa cu mișcarea w_v pentru realizarea avansului diagonal (fig. 11.13, *b*).

Prelucrarea prin șeveruire se poate face prin mai multe metode. În cazul roților dințate cu dinți drepți sau înclinați cu lățime mai mare de 50 mm și a roților dințate interioare avînd numărul de dinți $z_t > 40$ se utilizează *șeveruirea longitudinală* (fig. 11.13, *a*) la care direcția mișcării de avans longitudinal w_t este paralelă cu axa piesei. În acest caz unghiul diagonal $\nu = 0°$, unghiul de încrucișare a axelor $\delta = 5° \ldots 20°$ și cursa de lucru $C_t = b_p + 2m$ (b_p fiind lățimea piesei și m — modulul). La șeveruire longitudinală se pot realiza dinți bombați sau conici prin reglarea mașinii. Utilizarea sculei este nesatisfăcătoare deoarece se uzează neuniform și lățimea sculei nu depinde de lățimea piesei. Precizia și calitatea prelucrării este bună, iar productivitatea este mai scăzută ca în cazul *șeveruirii diagonale* (fig. 11.13, *b*) și *șeveruirii tangențiale* (fig. 11.13, *c*) sau *radiale*. Șeveruirea diagonală și tangențială nu se aplică la danturile interioare.

La șeveruirea diagonală $\nu = 0° \ldots 90°$; $\delta = 10° \ldots 15°$ $b_p < 50$ mm, iar mărimea cursei de lucru se calculează cu relația

$$C_2 = \frac{b_{pr} \sin \delta}{\sin (\nu + \delta)} = \frac{b_{sr} \sin \delta}{\sin \nu},$$

unde: b_{pr}, b_{sr} sînt lățimile utile ale piesei și sculei. Din această relație se poate calcula lățimea sculei în funcție de lățimea piesei.

Danturile bombate sau conicizate se obțin parțial prin reglarea mașinii. Scula este mai bine utilizată la ultimele metode decît în cazul șeveruirii longitudinale. Șeveruirea în diagonală este mai productivă decît cea longitudinală.

La șeveruirea tangențială sau radială $\nu = 90°$ sau $\nu = 0°$, $\delta = 3° \ldots 15°$ (pînă la 3° pentru roți baladoare bloc, apropiate), $b_p < 50$ mm și bombarea sau conicizarea dinților se obține prin fasonarea dinților sculei, iar cursa de lucru se determină cu relația

$$C_T = b_{sr} \sin \delta = b_{pr} \operatorname{tg} \delta.$$

Utilizarea sculei este bună și în acest caz, dar scula are de regulă o lățime mai mare ca a piesei și este mai neeconomică decît în primul caz cu toate că prelucrarea este mai productivă deoarece cursa sculei C_T este mai mică.

Scanned with OKEN Scanner

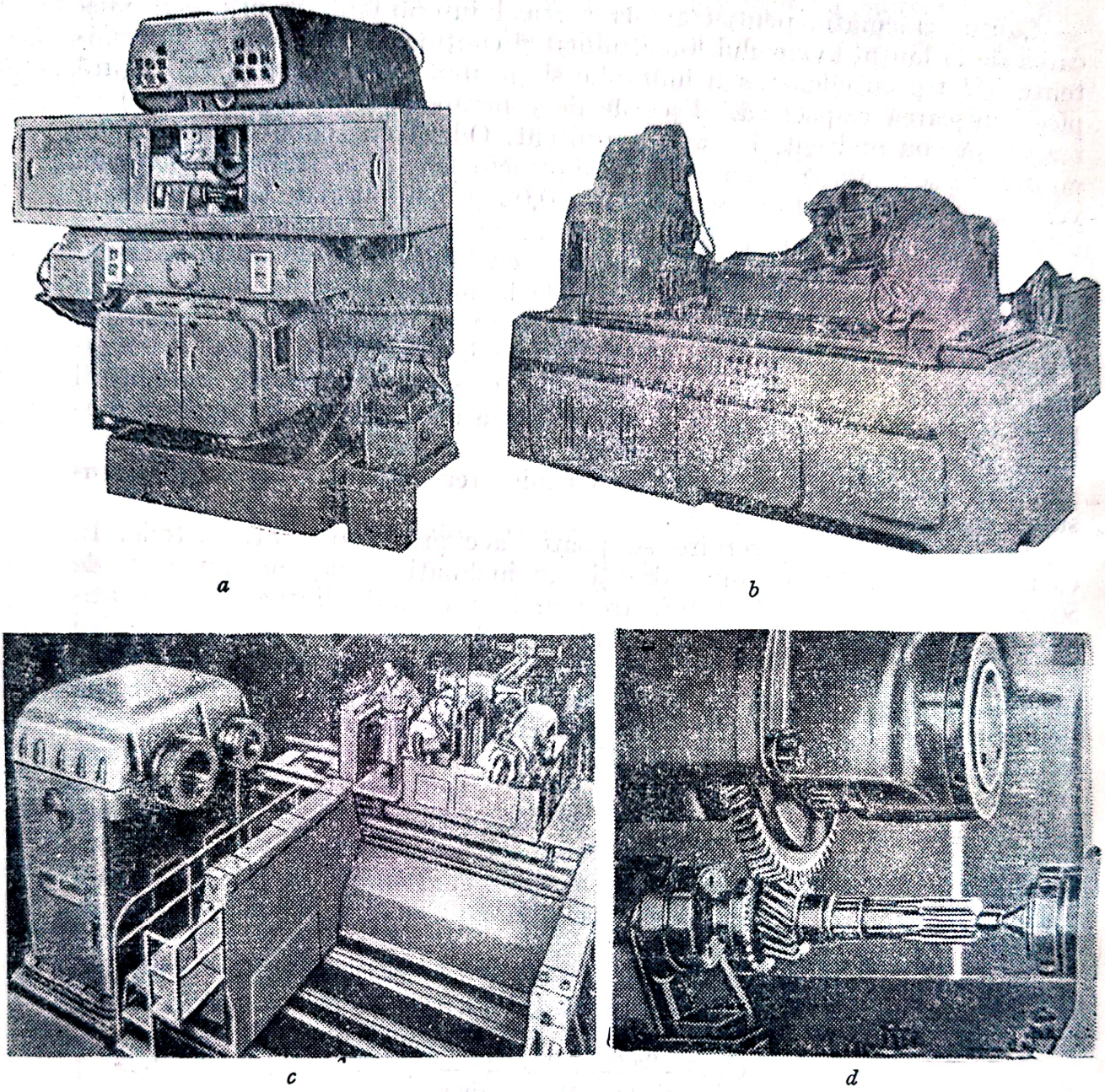


Fig. 11.14. Exemple de mașini de șeveruit.

În figura 11.14 sînt prezentate mai multe construcții de mașini pentru șeveruire. Mașina Hurth ZSA—300 de tip orizontal cu șeverul deasupra piesei (fig. 11.14, *a*) prelucrează roți dințate avînd modulul cuprins între 1 și 8 mm lucrînd după metoda longitudinală, diagonală și radială avînd posibilități de bombare și conicizare a dinților prin reglarea mașinii, care permite o fină variație a distanței dintre axele sculei și a piesei. Astfel, pentru bombarea dinților pe lungimea cursei longitudinale, la mijlocul danturii piesei, distanța dintre axe are o valoare maximă, iar la capetele danturii piesei distanța dintre axe are o valoare minimă. La conicizarea dinților sistemul de oscilare a masei de lucru se reglează astfel încît la un capăt al danturii distanța dintre axe să fie maximă, iar la celălalt capăt minimă. Mărimea bombării și conicizării dinților fiind de ordinul sutimilor de mm, variația distanței dintre axe este de ordinul zecimilor de mm sau unităților de mm.

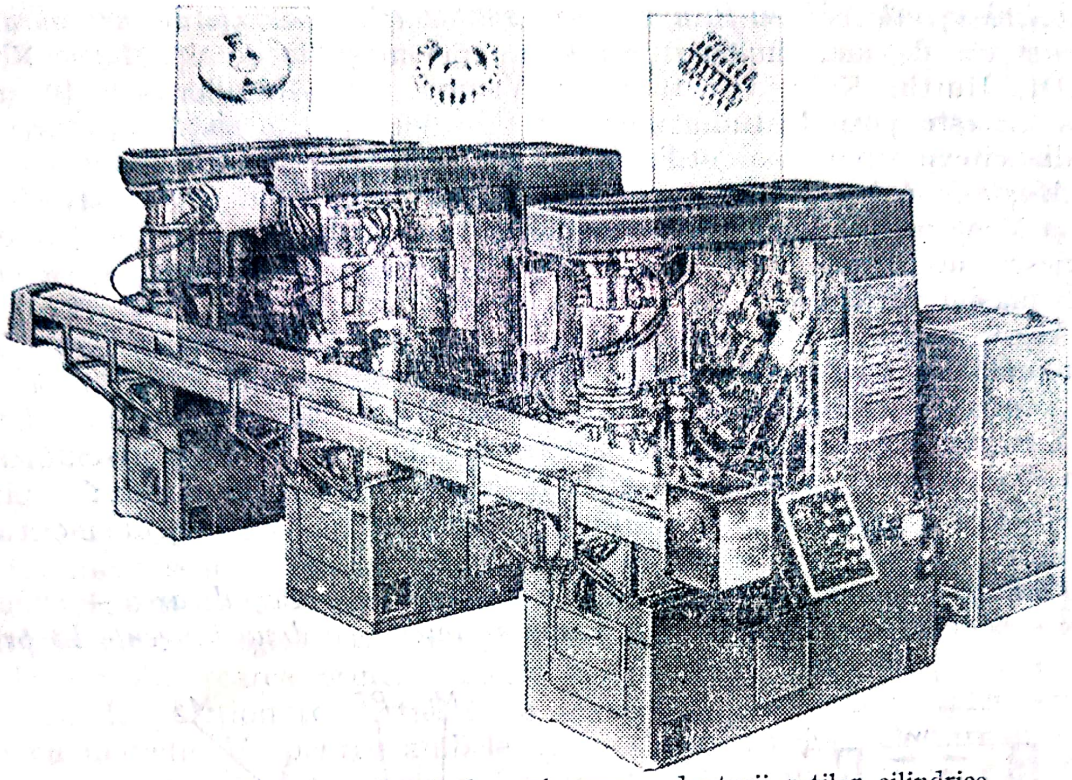


Fig. 11.15. Linie automată de prelucrare a danturii roților cilindrice.

O altă categorie de mașini de șeveruit este aceea orizontală cu șeverul în spatele piesei (fig. 11.14, *b* și *c*). Aceste mașini se construiesc cu un cap portsculă (fig. 11.14, *b*) pentru piese avînd diametrul exterior maxim de 965 mm și cu două piese și două capete portsculă (fig. 11.14, *c*) pentru piese avînd diametrul maxim de 4597 mm, ambele mașini pot prelucra module cuprinse între 1 și 14 mm. Tot din această categorie fac parte și mașinile orizontale de șeveruit cu două capete portșever, plasate în spatele piesei, lucrînd roți baladoare sau danturi duble pe un ax.

În figura 11.15 se prezintă o linie automată de prelucrare a danturii roților cilindrice pentru producția de autovehicule, conținînd mașinile: de degroșat cu freză-melc, de semifinisat cu cuțit-roată și de finisat cu șever-roată.

b_2. *Mașini de rectificat dantura roților cilindrice prin rulare*. Operația de rectificare se execută, de regulă, după tratamentul termic aplicat pieselor. Aceasta este indispensabilă pentru eliminarea deformațiilor care apar datorită tratamentului termic și, bineînțeles, pentru îmbunătățirea preciziei și calității danturii. Prin rectificare se pot obține danturi în clasa a 3-a și a 4-a conform STAS-6273-60, care sînt corespunzătoare roților dințate etalon.

Dezavantajele acestui procedeu sînt datorate productivității scăzute, de circa 10 ori mai scăzută ca la șeveruire, instabilității dimensionale a sculelor de rectificat în timpul prelucrării și necesitatea unui utilaj complex și scump care necesită muncitori de înaltă calificare.

După forma sculei de rectificat aceste mașini se împart în două grupe: b_{21}) mașini de rectificat dantura roților cilindrice cu discuri abrazive (cu unul sau două discuri abrazive v. tab. 11.1) și b_{22}) mașini de rectificat dantura roților cilindrice cu melc abraziv. Prima grupă de mașini lucrează după principiul cu dreaptă fixă, iar a doua grupă după principiul cu dreaptă mobilă.

Scanned with OKEN Scanner

b_{21}. *Maşinile de rectificat dantura roţilor cilindrice cu discuri abrazive* sînt şi ele de mai multe tipuri şi anume maşinile de tip Maag, Niles, REDI, Hurth, Kolb, Orcutt Pratt-Whitney, Lee-Brander ş.a. În acest curs nu este posibil studiul tuturor tipurilor. Din această cauză se vor studia cîteva tipuri mai utilizate la noi în ţară.

Maşinile de rectificat prin rulare cu două pietre-taler sînt construite de firma Maag în mai multe tipo-dimensiuni. Astfel, pentru piese mici se construiesc maşini orizontale, avînd axa piesei orizontală, iar pentru piese mari maşini verticale.

Aceste maşini au ca părţi principale batiul BT (fig. 11.16), sania longitudinală SL, sania transversală ST şi tamburul de rulare TR cu benzile $B_{1,2}$, cutia mecanismelor de divizare M_d, două capete portsculă $CS_{1,2}$, două manete M_1 pentru poziţionarea verticală a capetelor portsculă, maneta M_2 pentru poziţionarea verticală a ambelor capete portsculă, placa turnantă PT, sania transversală ST, sania verticală SV şi doi montanţi $MT_{1,2}$.

Principiul de lucru (fig. 11.16, a) constă în materializarea — cu ajutorul a două discuri abrazive sub formă de taler — a două tangente la profil

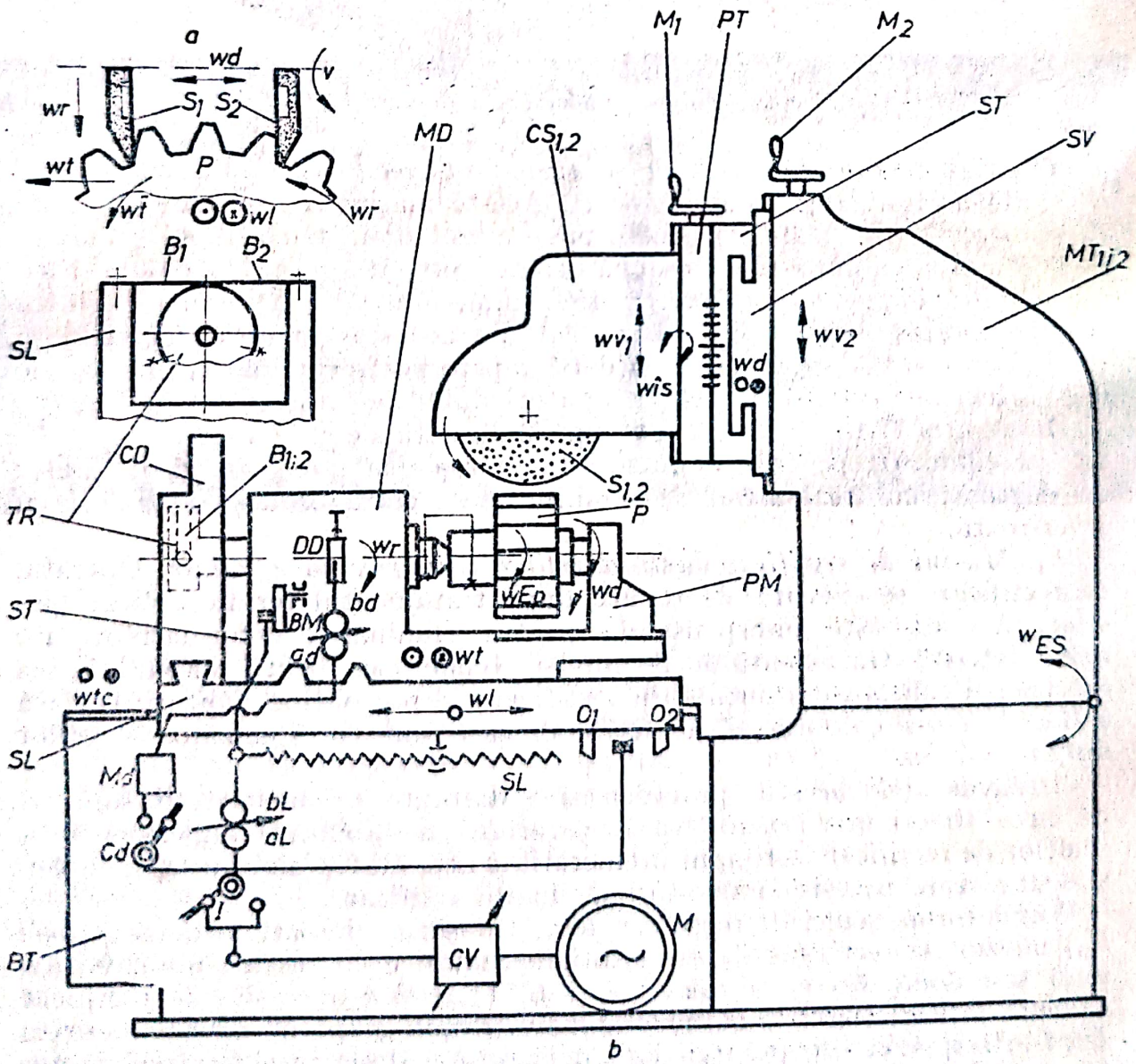


Fig. 11.16. Maşina Maag de rectificat dantura roţilor cilindrice.

pe un cerc cu unghiul de profesiune a profilului de 15°, la mașinile mai vechi sau perpendiculare pe o tangentă la cercul de bază cu unghiul de presiune de zero grade, ca în figura 11.16, *a*.

Reglarea discurilor de rectificat pentru generarea pe cercul de 15° implică înclinarea discurilor față de o verticală cu 15°. În acest caz cele două discuri pot lucra în același gol dintre dinți la module mari sau în goluri învecinate la module mici și mijlocii. La mașinile moderne se aplică metoda de generare la unghiul de presiune de zero grade adică cu discurile de rectificat paralele și distanțate la o cotă tehnologică peste dinți calculată conform cărții tehnice a mașinii.

Pentru exploatarea mașinii trebuie poziționate organele de execuție și reglate lanțurile cinematice pentru fiecare roată-piesă dată.

Mișcarea principală v de rotație a discurilor de rectificat este obținută de la un motor electric asincron printr-o transmisie cu curea de regulă din mătase pentru eliminarea vibrațiilor. Pe măsură ce diametrul discului de rectificat scade, turația trebuie să crească pentru a menține viteza de așchiere la o valoare cuprinsă între 25 și 35 m/s. Acest lanț cinematic are posibilități reduse de reglare și anume prin inversarea roților transmisiei cu curele.

Pe lîngă mișcarea principală cele două discuri portsculă pot realiza o mișcare de poziționare verticală cu maneta M_1 a fiecărei sculei separat sau cu maneta M_2 pentru ambele scule. Cu ajutorul plăcii turnante PT și a vernierului gradat sculele pot fi poziționate manual cu mișcarea w_{is}, la unghiul de generare de 15° sau de zero grade. Deplasarea discurilor pentru reglarea distanței de poziționare realizată cu mișcarea w_d pentru generarea la unghiul de zero grade se face manual cu ajutorul saniei transversale.

Pentru prelucrarea danturilor înclinate montanții portsculă se pot roti manual cu mișcarea w_{RS} pentru a plasa sculele după direcția tangentei la elicea danturii piesei. Această mișcare este posibilă deoarece batiul BT are forma de T curbat la partea superioară.

Deoarece mașina lucrează după principiul cu dreapta fixă, piesa P execută cele două componente ale mișcării de rulare adică rotația w_r și translația w_t. Mișcarea de rotație w_r a piesei se realizează cu ajutorul unui mecanism special de rulare format din tamburul de rulare TR pe care înfășoară benzile B_1 și B_2 avînd un capăt fixat de tambur, iar cel de al doilea fixat de sania longitudinală SL. La deplasarea transversală w_t a saniei ST, piesa se rotește deoarece tamburul de rulare TR este fixat pe arborele piesei și sania longitudinală are o degajare în formă de U pentru a permite rularea tamburului TR pe benzile $B_{1,2}$. La mașinile Maag diametrul tamburului de rulare este egal cu diametrul de bază al roții. Ca urmare pentru fiecare roată-piesă prelucrată trebuie executat și un tambur de rulare. Pentru a utiliza un tambur de rulare la mai multe roți-piesă mașina este prevăzută cu un sistem de compensare a diferenței de diametru, adică a diferenței între viteza tangentă la cercul de bază al roții și cea tangentă la tambur. Această compensare se face deplasînd transversal cu mișcarea w_{tc} cadrul CD a saniei longitudinale SL cu ajutorul unui sistem cu pîrghii reglabile, la mașinile mai vechi, sau cu excentric la mașinile mai noi. Componenta transversală w_t a mișcării de rulare se obține de la motorul asincron M prin cutia de viteze CV, formată dintr-un con cu 5 trepte de roți de curea, și este imprimată saniei transversale ST prin mecanismul de transformare de tip bielă-manivelă BM, cu manivelă reglabilă pentru lungimea cursei în funcție de mărimea modulului piesei.

Scanned with OKEN Scanner

Mișcarea de avans longitudinal este furnizată de același motor M și reglată cu ajutorul cutiei de viteze CV și cu roțile de schimb a_1/b_1, fiind imprimată saniei longitudinale cu ajutorul mecanismului șurub-piuliță $ŞL$ la mașinile mai vechi sau cu ajutorul unui mecanism hidraulic liniar la mașinile mai noi.

Mișcarea de divizare w_d este primită de la motorul M și este reglată cu roțile de schimb a_d/b_d și cu un mecanism de divizare de tip cruce de Malta Md și cuplajul Cd, fiind transmisă piesei cu ajutorul discului de divizare DD, care asigură o precizie de divizare de ordinul unităților de μm. Mașinile mai noi sînt dotate cu sisteme de divizare hidraulice și numărătoare electronice care opresc mașina la terminarea piesei.

Pentru realizarea rotirii suplimentare a piesei w_{Ep}, necesară la prelucrarea danturilor înclinate, mașina are un sistem cu o patină MP (fig. 11.17) care calcă într-un canal ce poate fi reglat la precizie de secunde cu ajutorul unui vernier gradat pentru unghiul de înclinare a piesei.

În figura 11.17 se prezintă mecanismul de rulare cu sistemul de compensare a vitezei de rulare — cînd se utilizează un tambur pentru mai multe piese — antrenat de excentricul EX situat pe același arbore cu excentricul ET de realizare a mișcării de avans transversal. Pe cadrul CD se observă sistemul de prindere a benzilor pentru deplasarea acestora la compensarea vitezei de rulare, cînd se utilizează un tambur la mai multe roți-piesă. Cadrul CD se deplasează cu patina mecanismului MP, pentru a asigura mișcarea w_E, de rotație suplimentară a piesei la prelucrarea danturilor înclinate. Mecanismele de divizare MD se deplasează transversal cu sania transversală acționată cu excentricul ET.

Mișcarea de divizare w_d se poate realiza la un capăt al cursei longitudinale sau la ambele capete. Opritoarele O_1 și O_2 (fig. 11.16, *b*) comandă inversarea sensului mișcării prin inversorul longitudinal și totodată miș-

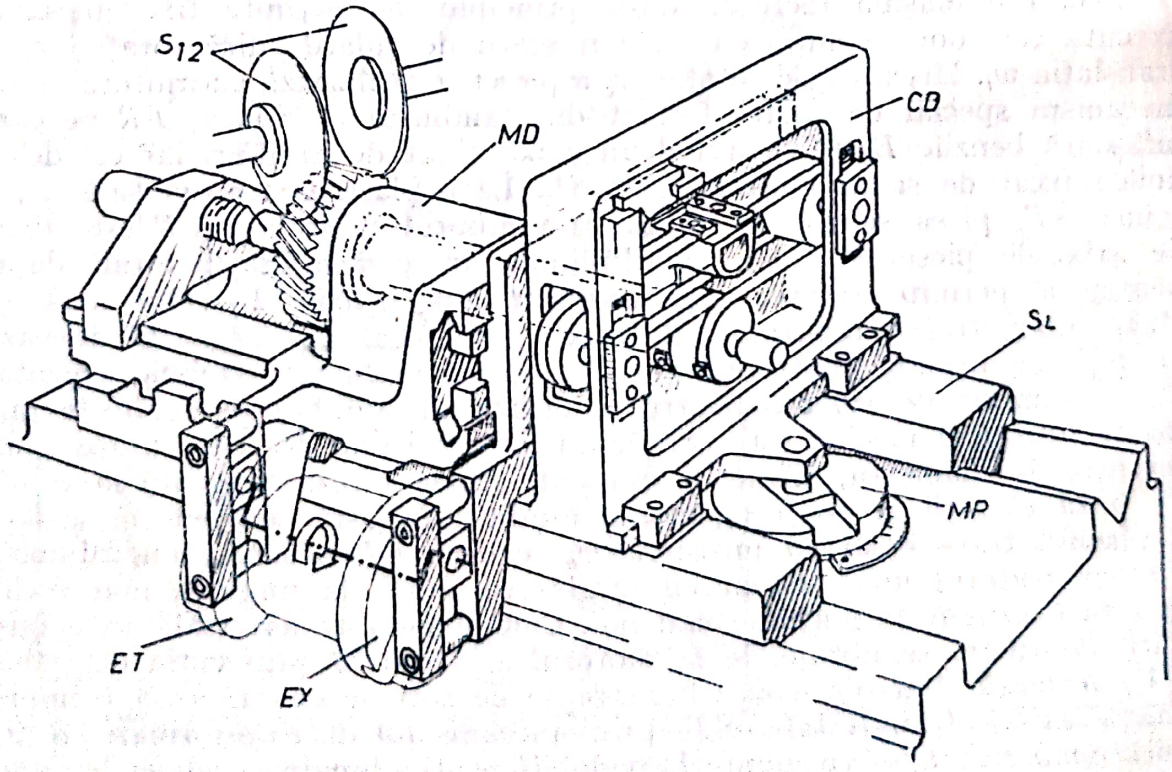


Fig. 11.17. Mecanismul de rulare al mașinilor Maag.

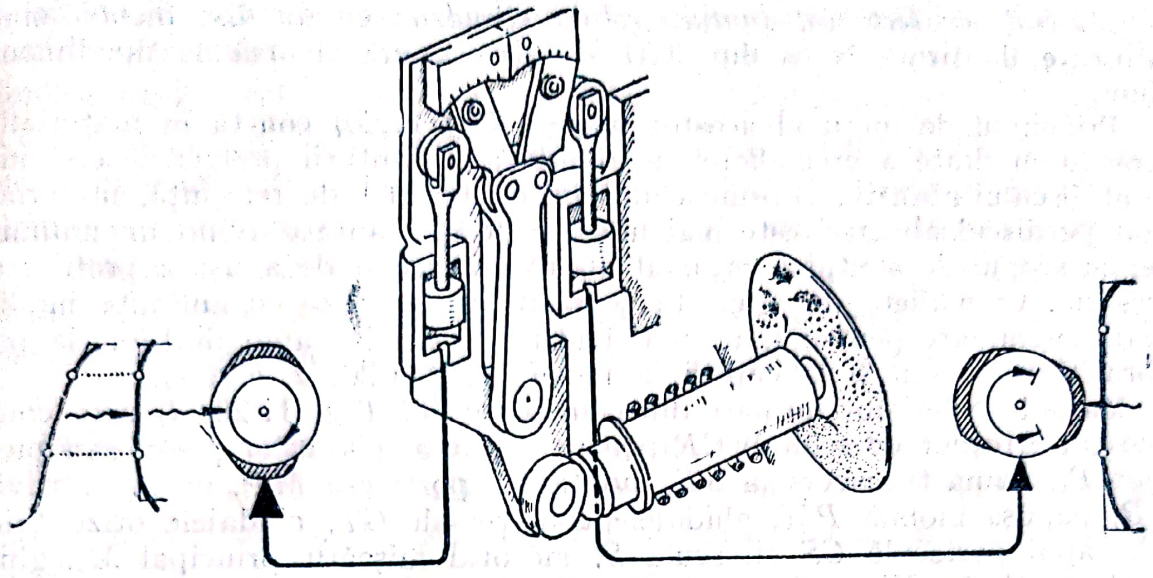


Fig. 11.18. Schema mecanismelor de realizare a danturilor flancate.

carea de divizare prin cuplajul C_d. Ca mecanism de divizare M_d se folosește o cruce de Malta.

Mașinile Maag pot realiza danturi bombate, conicizate sau flancate utilizînd sisteme de acționare hidraulice comandate cu came. În figura 11.18 se prezintă sugestiv sistemul constructiv și funcțional al mașinilor Maag de realizarea danturilor flancate, adică cu o teșitură la vîrful și piciorul dinților. Cu acest sistem se realizează o apropiere a discurilor la vîrful și piciorul dinților. Asemănător este și sistemul pentru bombare a dinților, dar acesta realizează o apropiere de ordinul sutimilor de mm la capetele dinților așa încît flancul să prezinte un bombaj.

Figura 11.19 prezintă două tipuri de mașini Maag pentru rectificarea danturii roților cilindrice.

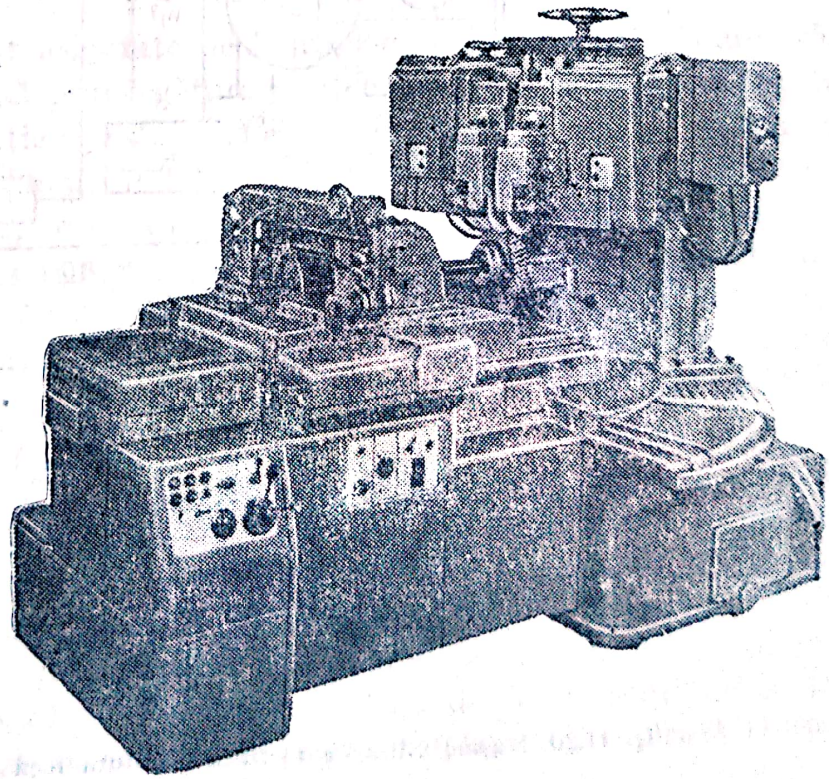


Fig. 11.19. Mașina Maag de rectificat dantura roților cilindrice.

Scanned with OKEN Scanner

Maşinile de rectificat dantura roţilor cilindrice cu un disc biconic sînt fabricate de firma Niles din R.D.G. într-o gamă diversă de tipodimensiuni.

Principiul de lucru al acestor maşini (fig. 11.20) constă în materializarea unui dinte a cremalierei de referinţă a danturii prelucrate cu ajutorul discului abraziv. Grosimea dintelui cremalierei de referinţă, materializat pe discul abraziv, este mai mică decît în realitate avînd un anumit joc cu scopul de a utiliza raţional discul abraziv şi de a uşura profilarea acestuia. Cremaliera de referinţă se poate materializa cu anumite modificări unghiulare pentru flancarea danturii piesei la capul dinţilor, la piciorul dinţilor sau şi la cap şi la picior (fig. 11.20, *a*, *b* şi *c*).

Maşinile Niles sînt formate dintr-un batiu *BT* (fig. 11.20, *d*) care conţine cutia roţilor de schimb *CR* pentru reglarea mişcărilor piesei sau pieselor P_k, sania transversală *ST*, montantul portpiesă *MP*, masa rotativă *MR*, păpuşa mobilă *PM*, ghidajele transversale *GT*, ghidajele orizontale *GO*, capul portsculă *CS* cu scula *S*, motorul mişcării principal M_v, ghidajele verticale *GV*, sania verticală *SV*, placa turnantă *PT* şi montantul sculei *MS*.

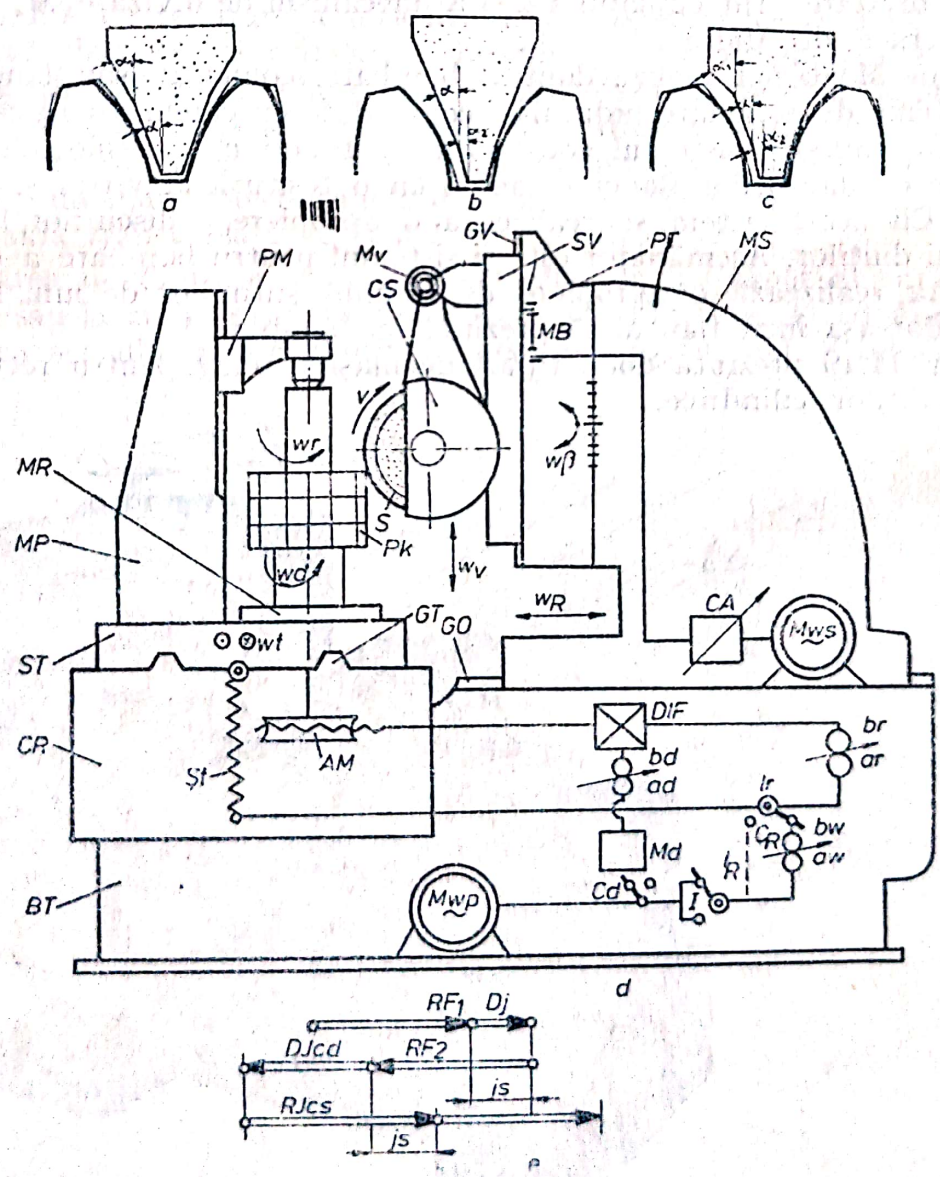


Fig. 11.20. Maşina Niles de rectificat dantura roţilor cilindrice.

Ciclul de lucru al mașinii (fig. 11.20, *c*) constă din rularea piesei RF_1, într-un sens, adică rotirea și deplasarea ei pentru prelucrarea unui flanc, deplasarea în același sens pentru preluarea jocului sculei Dj, rularea în sen invers pentru prelucrarea flancului al doilea al golului RF_2 deplasarea piesei în continuare fără rotire pentru divizare și preluarea jocurilor cinematice D_{jcd} și, în final, revenirea piesei, prin deplasare, fără rotire, pentru preluarea jocurilor cinematice și a jocului sculei R_{jcs}. După această ultimă fază ciclul de lucru reîncepe din nou cu aceleași faze pentru prelucrarea golului următor. Mașina funcționează după principiul cu dreaptă fixă.

Pe aceste mașini se pot prelucra roți dințate cilindrice cu dinți drepți sau înclinați avînd flancurile normale fără modificări unghiulare, flancate, sau bombate și de asemenea roți cilindro-conice, cum sînt cuțitele-roată.

Mișcarea principală v, este furnizată de motorul asincron M_v printr-o transmisie cu curele avînd posibilități reduse de reglare, doar prin schimbarea roților pentru curele. Din acest motiv se va urmări în exploatare ca diametrul discului de rectificat să se mențină la valoarea prescrisă.

Mișcarea de avans vertical al sculei w_v este primită de la motorul electric M_{ws} care are, de regulă, trei turații 750/1500/3000 și împreună cu cutia de avansuri CA, cu un grup balador dublu, asigură 6 mărimi de curse duble sculei S. Lungimea cursei se reglează cu ajutorul mecanismului bielă-manivelă prin reglarea lungimii manivelei. Mișcările de poziționare unghiulară w_β a sculei, pentru prelucrarea danturilor înclinate, și de poziționare radială w_R la prelucrarea unor piese mai mari sau mai mici se execută manual.

Mișcările piesei sînt asigurate de la motorul M_{wp}. Astfel, mișcarea de rulare a piesei, obținută prin legătura l_r și cuplajul C_r, cu componenta de rotație w_r și de translație w_t este asigurată prin lanțul cinematic de rulare, reglat prin roțile de schimb a_r/b_r și acționat de la motorul M_w prin roțile a_w/b_w. Cu roțile a_r/b_r se reglează mișcarea de rulare încît viteza de rotație a piesei, realizată cu angrenajul AM, să fie egală cu viteza de translație a piesei, realizată cu mecanismul șurub-piuliță St, iar cu roțile de schimb a_w/b_w se reglează mărimea vitezei de rulare. În lanțul cinematic de rulare există și mecanismul diferențial DIF, care în acest lanț funcționează ca un cuplaj rigid.

Mișcarea de divizare w_d a piesei se realizează cu ajutorul motorului M_w prin mecanismul de divizare M_d care asigură, împreună cu roțile de schimb a_d/b_d, ca la o rotație a arborelui ce iese din mecanismul M_d, piesa să se rotească cu un pas. Mecanismul diferențial DIF în acest lanț cinematic funcționează ca mecanism de însumare a mișcărilor. Prin cuplajul C_r se poate asigura o rulare rapidă prin l_R sau de lucru prin a_w/b_w, iar cu inversorul I cele două sensuri de rulare. Cuplajul C_p cuplează lanțul

Scanned with OKEN Scanner

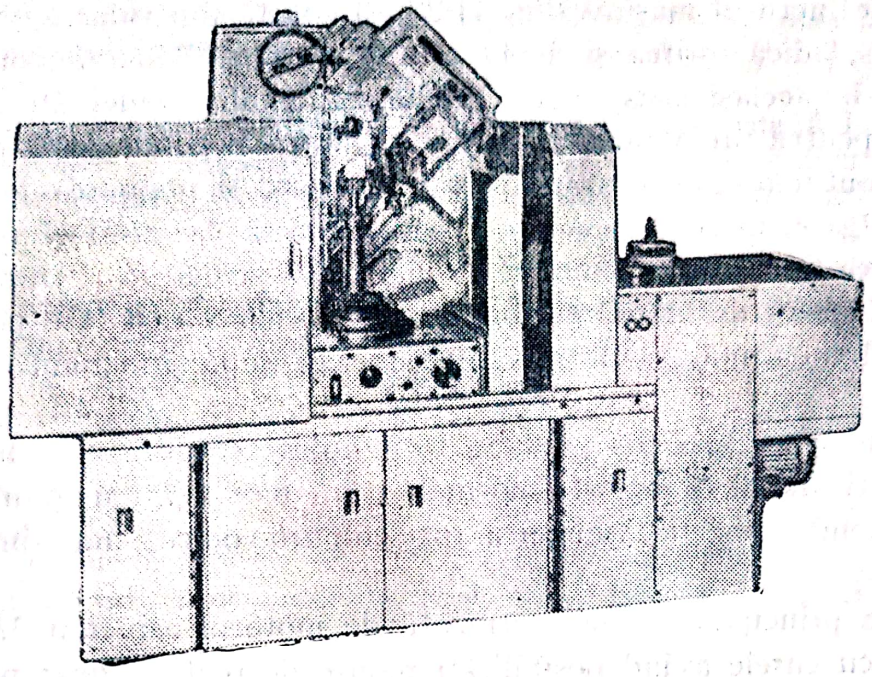


Fig. 11.21. Vedere de ansamblu a mașinii Niles.

cinematic de divizare. În lanțul de divizare mașina are un numărător care oprește automat mașina cînd piesa este gata. În figura 11.21 se prezintă construcția unei mașini de tip Niles.

b_{22}. *Mașinile de rectificat dantura roților cilindrice prin rulare cu melc abraziv* au aspectul general asemănător (fig. 11.22) și funcționează după același principiu de lucru cu mașinile cu freză-melc, cu precizarea că mișcarea de înclinare w_β pentru prelucrarea danturilor înclinate se poate obține prin înclinarea axei piesei P (5832 și Reishauer fig. 11.2, *c*) și prin înclinarea axei melcului abraziv (Matrix și unele mașini Reishauer). Piesele prelucrate au diametrul $\varnothing_p < 700$ și modulul $m < 8$ mm. Diametrul melcului $\varnothing_s = 300$ și 450.

La aceste mașini se deosebesc ca părți componente batiul BT, sania transversală ST, sania de profilare SP, capul portsculă CS, motorul principal M_v, melcul abraziv MA, capul portpiesă CP, placa turnantă PT și montantul piesei MP.

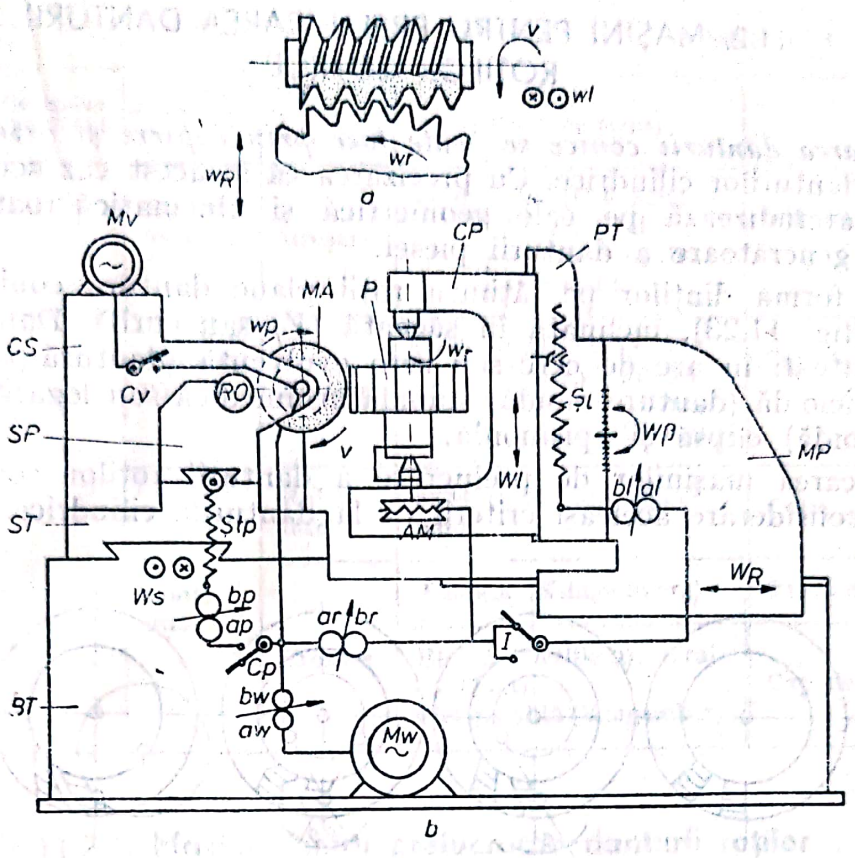
Mișcarea principală v se obține de la motorul M_v, în cazul mașinii 5832, avînd o turație de 1500 rot/min care se transmite la sculă printr-un mecanism cu curele.

Mișcarea de rulare w_r este primită de la motorul M_w prin roțile a_w/b_w ce reglează viteza de rulare și o imprimă lanțului cinematic de rulare format din melcul abraziv MA, roțile de schimb a_r/b_r, angrenajul melcat KM și piesa P.

Mișcarea de avans axial w_l se obține de la mișcarea de rulare prin inversorul I, roțile de schimb a_L/b_L, și șurubul $Ș_l$ care transformă mișcarea de rotație în translație pe verticală a piesei. Mișcarea de poziționare radială w_R se asigură manual cu ajutorul unui mecanism șurub-piuliță.

Profilarea melcului abraziv MA se execută pe mașină cu ajutorul rolei RO, avînd în secțiune axială profilul cremalierei de referință generatoare a piesei. Rola RO se deplasează cu șurubul S_{tp} paralel cu axa melcului. Mișcarea de filetare, necesară la profilarea melcului se reglează cu roțile

Scanned with OKEN Scanner



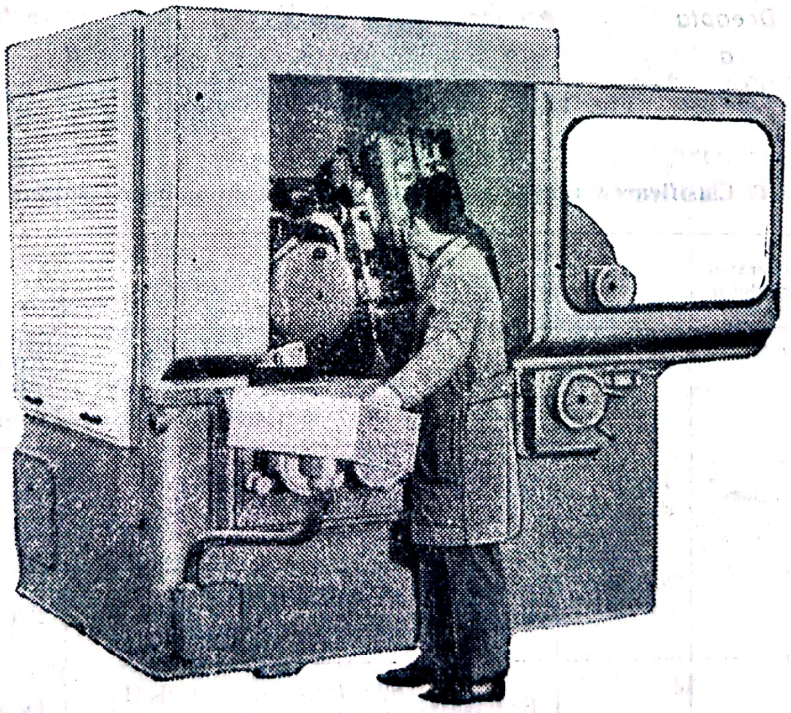


Fig. 11.22. Mașină de rectificat dantura cu melc abraziv.

de schimb a_p/b_p și se cuplează cu cuplajul C_p care leagă rotația sculei cu rotația șurubului S_t.

La profilarea melcului mișcarea este furnizată de motorul M_w pentru că viteza de profilare w_p este de 0,1—0,4 m/s, deci mai mică decît cea de rectificare (circa 30 m/s). Prin urmare în acest caz motorul M_v este decuplat cu ajutorul cuplajului C_v. Utilizînd roțile de schimb a_w/b_w se pot asigura melcului abraziv șase turații cuprinse între 20 și 60 rot/min.

Scanned with OKEN Scanner

11.2. MAŞINI PENTRU PRELUCRAREA DANTURII ROŢILOR CONICE

Generarea danturii conice se poate face prin copiere şi prin rulare, ca în cazul danturilor cilindrice. Cu precizarea că în acest caz sculele pentru rulare materializează pe cale geometrică şi cinematică roata plană de referinţă generatoare a danturii piesei.

După forma dinţilor pe lăţimea roţii plane dantura conică poate fi dreaptă (fig. 11.23), înclinată în săgeată (*V*) sau curbă. Dantura conică curbă poate fi în arc de cerc sau zero evolventă (dantură paloidă), epi- sau hipocicloidă (dantura eloidă) spinală arhimedică sau logaritmică (dantură spiroidă) elipsă şi episinoidă.

Clasificarea maşinilor de prelucrare a danturii roţilor conice se face luînd în considerare aceleaşi criterii ca la danturile cilindrice (tab. 11.4).

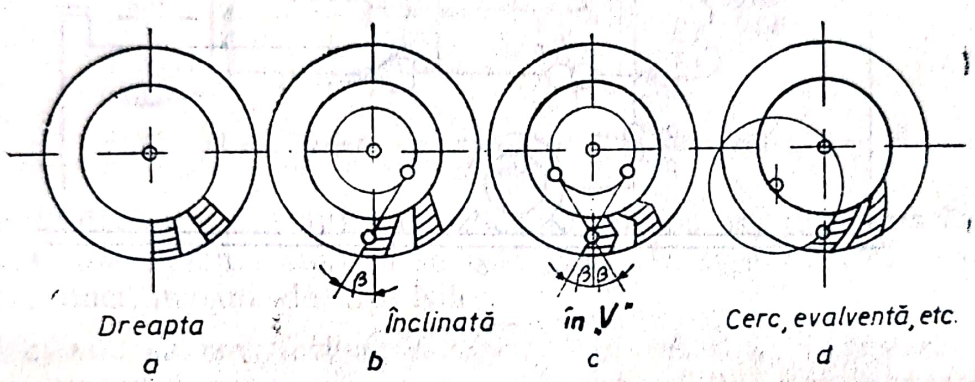


Fig. 11.23. Tipuri de danturi conice.

Tab. 11.4. **Clasificarea maşinilor pentru prelucrarea danturii roţilor conice.**

Forma dintelui	Generarea profilului	Tehnologia		Denumirea maşinii	Scula
		Divizare	Prelucrare		
Drept sau înclinat	Copiere	Periodică	Frezare	Maşină universală de frezat EZ-1 (U.R.S.S.) OKU-35 (R.S.C.)	Freză-disc Freză-disc Freză-disc
			Rabotare	5283 (U.R.S.S.) 160K (Heidenreich-Harbeck)	Două cuţite
			Broşare	ST-1222 (U.R.S.S.) Revacycle (Gledson)	Broşă circulară
	Rulare	Periodică	Rabatare	526 (U.R.S.S.; 60KH (Heidenreid-Harbeck)	Două cuţite
			Frezare	5P23 (U.R.S.S.) Caritlex 114 (Gleason) Sferaid BF 201 (Klingelnberg) Konvaid-Madul (R.S.C.)	Două freze-disc
		Continuă	Rabotare	524 (U.R.S.S.) AKH3 (Reinecker)	Două cuţite Un cuţit.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 11.4 (continuare)

Forma dintelui	Generarea profilului	Tehnologia		Denumireia maşini		Scula
		Divizare	Prelucrare			
Curb		Periodică dică	Broşare	Cerc	528 (U.R.S.S.) Single Sycle, Formate Cyclex (Gleasan)	Cap de broşare
		Periodică	Frezare	Cerc	528, 5255A 27C 1,523A ; 5P23A U.R.S.S., Octoid, Duplex (Gleasan)	Cap de frezare
		Continuă	Rabotare	5284 (U.R.S.S.) Episinaidă		Cuţit
			Frezare	Palaidă (Klingelnberg)		Freză-melc
				Eloidă (Derlikon) spiraidă (Fiat) Ciclopalaidă (Kingelnberg)		Cap de frezare

11.2.1. Maşini pentru prelucrarea danturii roţilor conice prin copiere

Prelucrarea prin copiere a danturilor conice se poate face : *a)* cu scule de formă ; *b)* cu şabloane.

a) Maşinile de prelucrare a danturii roţilor conice prin copiere cu scule de formă pot să fie cu freză-deget-modul, sau disc-modul şi cu broşă circulară.

a_1) Maşinile cu freză-deget-modul prelucrează dantura roţilor conice cu ajutorul unui dispozitiv montat pe maşina cu freză-deget-modul pentru prelucrarea roţilor dinţate cilindrice cum sînt maşinile cehoslovace OKU 35 şi 50 (v. fig. 11.2). Pentru a realiza o precizie de prelucrare mai bună freza-deget-modul *S* (fig. 11.24) se alege corespunzător modulului mediu al danturii. Dinţii prelucraţi rezultă cu o anumită conicitate deoarece odată cu deplasarea longitudinală w_l cu şurubul $Ş_c$ pe ghidajele *GD* scula se deplasează şi transversal cu mişcarea w_t. Această mişcare se obţine cu linialul L_N şi pîrghiei P_G, presată pe

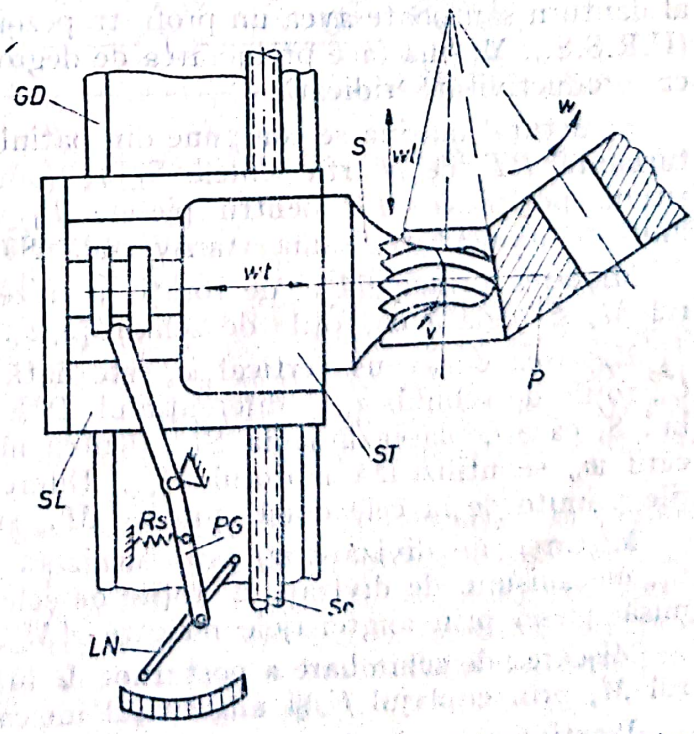


Fig. 11.24. Dispozitiv de prelucrare a danturii conice cu freză deget-modul.

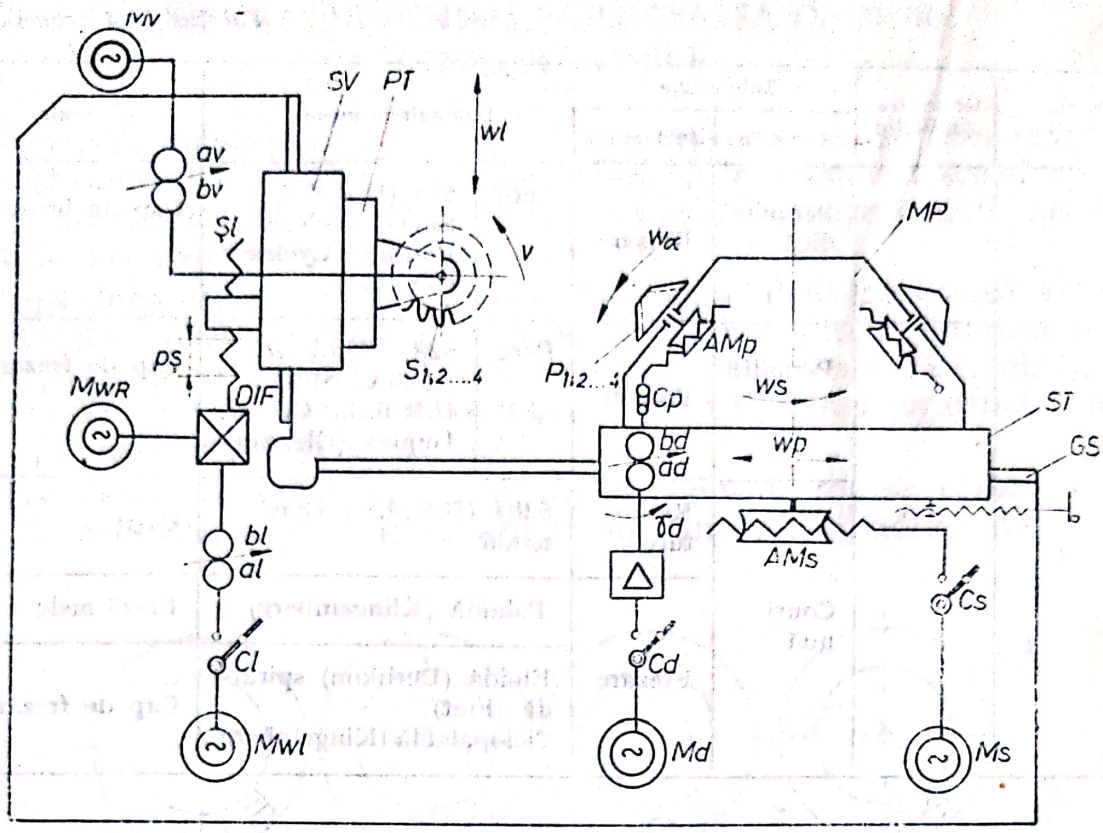


Fig. 11.25. Maşină de danturat roţi conice cu freză disc-modul.

linial cu arcul RS, care asigură o deplasare transversală saniei ST şi, deci, sculei S ce realizează în acest fel o variaţie a elementelor golului prelucrat.

a_2) *Maşinile cu freză-disc-modul* (fig. 11.25) prelucrează două sau mai multe piese în acelaşi timp. Scula poate fi profilată după modulul mediu al danturii sau poate avea un profil trapezoidal ca în cazul maşinii EZ—1 (U.R.S.S.). Maşina face prelucrarea de degroşare a danturilor conice drepte cu productivitate ridicată.

Structural maşina se compune din batiul BT, sania verticală SV, placa turnantă PT, ce poartă sculele $S_{1,2,3,4}$ (două pînă la patru scule), dispozitivul portpiesă MP pentru piesele $P_{1,2,3,4}$ avînd un post de lucru şi unul de alimentare, sania transversală ST, deplasabilă pe ghidajele GS.

Mişcarea principală v, de rotaţie a frezelor, este obţinută de la motorul M_v şi reglată cu roţile de schimb a_v/b_v.

Mişcarea de avans vertical w_l este dată de motorul M_{wl} prin cuplajul C_l, roţile de schimb a_l/b_l, diferenţialul DIF şi imprimată piesei prin şurubul S, care deplasează sania SV. Pentru mişcării rapide, pe direcţia mişcării w_l, se utilizează motorul M_{wR}. Diferenţialul DIF însumează mişcările primite de la cele două motoare M_{wR} şi M_{wl}.

Mişcarea de divizare w_d este furnizată de motorul M_d, prin cuplajul C_d, mecanismul de divizare Δ, roţile de schimb a_d/b_d, cuplajele C_p şi transmisă piesei prin angrenajele melcate AM_p.

Mişcarea de schimbare a posturilor de lucru w_s este asigurată de motorul M_s prin cuplajul C_s şi angrenajul melcat AM_s.

Poziţionarea pieselor faţă de sculă se face cu mişcare w_p realizată manual.

Scanned with OKEN Scanner

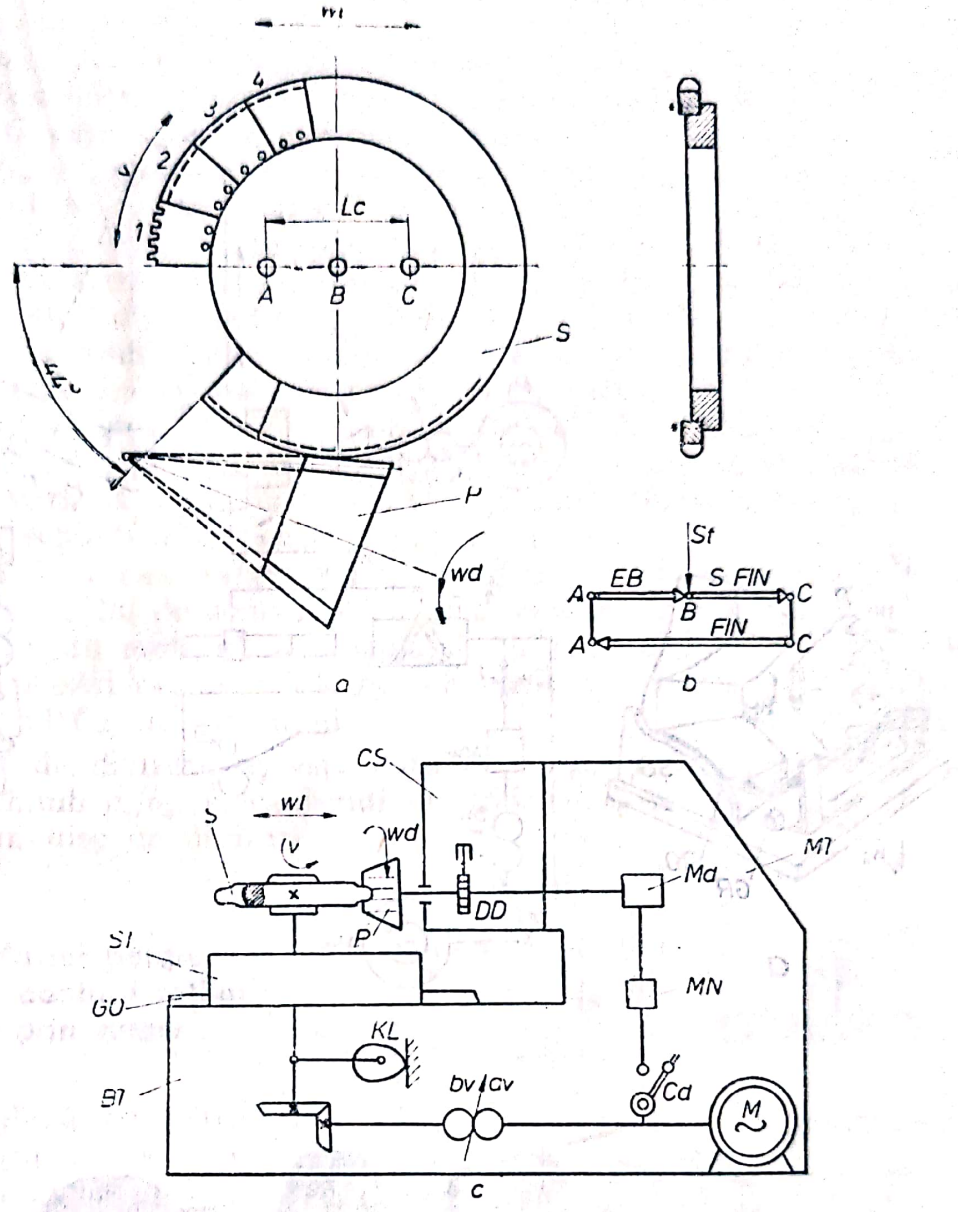


Fig. 11.26. Mașină de danturat roți conice prin copiere cu broșă circulară.

a_3. *Mașinile cu broșă circulară* pot să fie de tip Revacycle-Gleason (S.U.A.) sau ST 1222 (U.R.S.S.). Scula are dinții profilați după un arc de cerc și pentru acesta roțile prelucrate nu sînt interschimbabile.

Scula execută mișcarea principală v, de rotație și în același timp, se deplasează din A în B (fig. 11.26, a și b) pentru degroșare EB, staționează S_t în B pînă toți dinții de degroșare au prelucrat piesa, apoi se deplasează din B în C și face semifinisarea $SFIN$ și în sfîrșit se deplasează din C în A și face finisarea FIN.

Mașina ST 1222 este formată din batiul BT cu ghidajele orizontale GO, sania transversală ST, capul portsculă CS și montantul MT.

Scula S execută mișcarea principală v, de rotație, primită de la motorul M și reglată cu roțile de schimb a_v/b_v. Mișcarea w_l a sculei este programată pe cama KL, care asigură la o rotație a broșei ciclul de lucru precizat pentru prelucrarea unui gol dintre doi dinți.

Mișcarea de divizare w_d este executată de piesă cu ajutorul motorului M, cuplajului C_d care comandă și mecanismul numărător MN (acesta

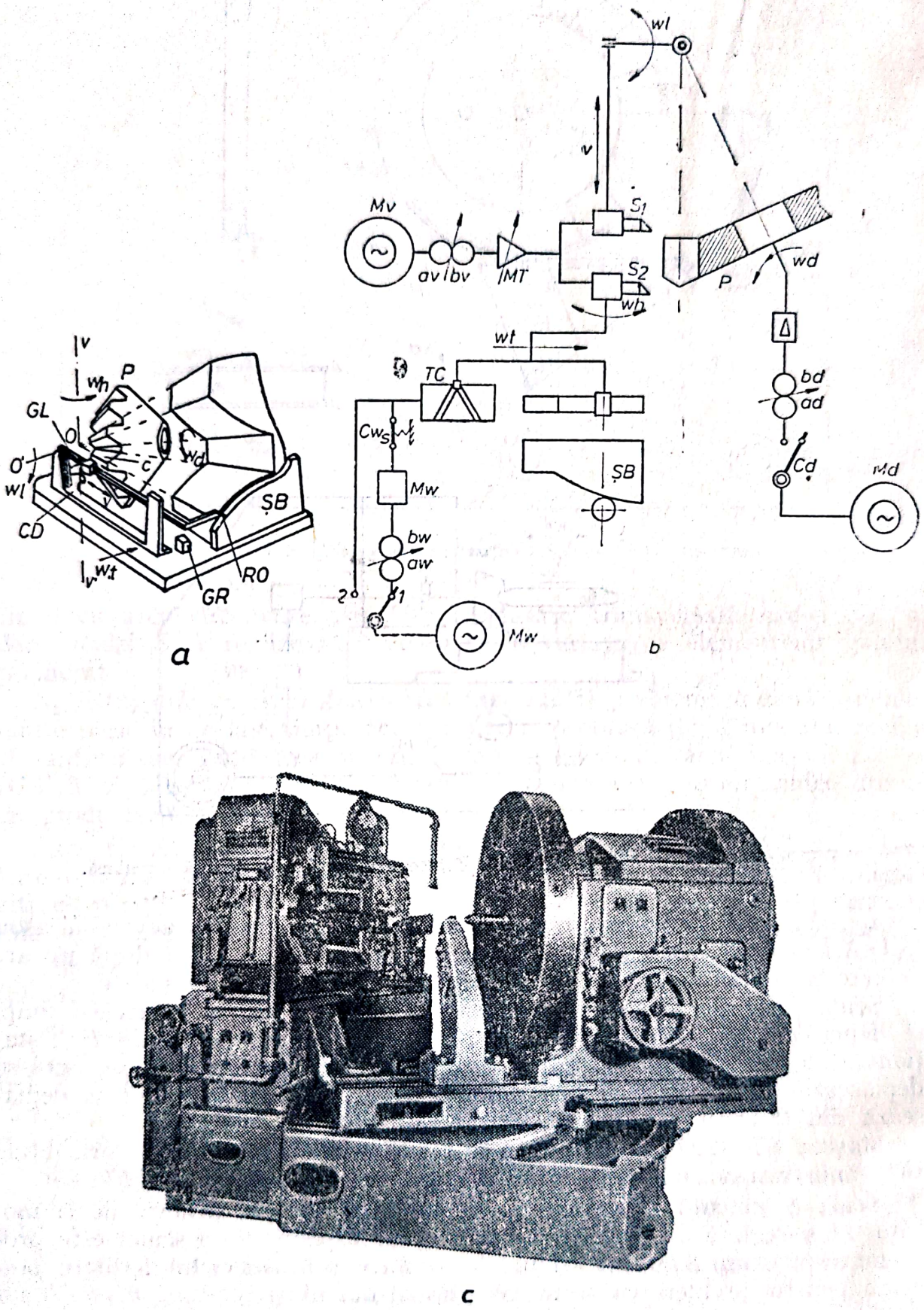


Fig. 11.27. Maşină de danturat roţi conice prin copiere.

opreşte maşina la terminarea piesei), mecanismul de divizare de tip cruce de Malta, şi discul de divizare *DD*.

b. Maşinile pentru prelucrarea danturii roţilor conice prin copiere cu ajutorul şabloanelor realizează copierea după şablonul *SB* (fig. 11.27, *a*) cu cuţitul *C* care execută mişcarea principală *v*, de rabotare în lungul ghidajului *G*, cu posibilităţi de rotire în jurul axei *OO* (care trece prin vîrful conului de rulare a piesei) cu mişcarea w_t şi în jurul axei *VV* cu mişcarea w_h prin intermediul cadrului *CD*. Şablonul *ŞB* este palpat de rola *RO*, presată pe acesta de greutatea *GR*. După prelucrarea unui flanc piesa execută mişcarea de divizare w_d. Deplasînd cadrul *CD* cu mişcarea w_t şi datorită contactului dintre şablon şi rolă vîrful cuţitului va descrie o curbă asemănătoare cu cea materializată pe şablon.

Mişcarea principală *v* de rabotare (fig. 11.27, *b* şi *c*) este executată de sculele $S_{1,2}$ cu ajutorul motorului M_v, mecanismul bielă-manivelă *MT* (care prin variaţia lungimii manivelei permite reglarea lungimii cursei) şi roţile de schimb a_v/b_v pentru reglarea vitezei.

Mişcarea de avans transversal w_t şi rotirile w_h şi w_t sînt obţinute cu ajutorul tamburului de comandă *TC* şi a şablonului *SB* prin lanţul cinematic format din motorul M_w, cuplajul C_w, cu poziţia *1* pentru lucru şi *2* pentru deplasări rapide, roţile de schimb a_w/b_w, mecanismele de reglare M_w şi cuplajul C_{ws} de sens unic.

Mişcarea de divizare w_d este dată de motorul M_d, prin cuplajul C_α, roţile de schimb a_d/b_d, mecanismul de divizare Δ (de regulă cu cruce de Malta) şi un disc de divizare.

11.2.2. Maşini pentru prelucrarea danturii roţilor conice prin rulare

Roata plană este specifică fiecărui tip şi mărime de angrenaj conic, deoarece dimensiunile dinţilor roţii plane variază odată cu variaţia razei acesteia.

Dacă angrenajul conic este cu axe perpendiculare (fig. 11.28, *a*) adică

$$\Delta = \delta_1 + \delta_2 = 90°,$$

atunci se pot scrie relaţiile

$$R_0 = \sqrt{R_1^2 + R_2^2};$$

$$z_0 = \sqrt{z_1^2 + z_2^2},$$

unde: $\delta_{1,2}$ sînt semiunghiurile conurilor de divizare; R_0 şi z_0 — raza şi

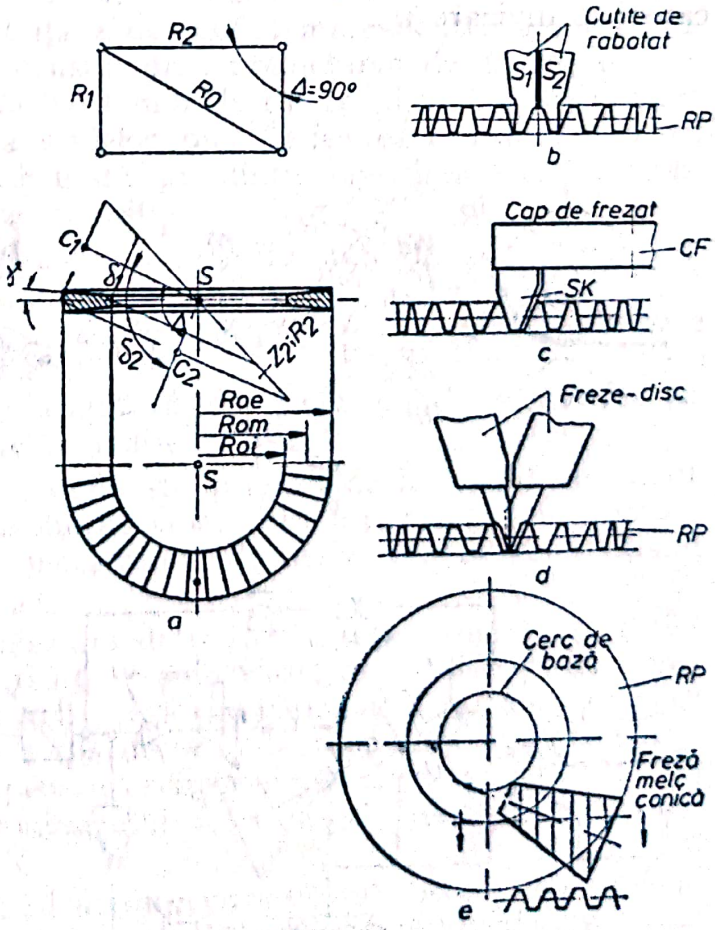


Fig. 11.28. Moduri de materializare prin scule a roţii plane.

numărul de dinți ai roții plane; $R_{1,2}$ și $z_{1,2}$ — razele și numerele de dinți a angrenajului conic.

Raza medie a roții plane este

$$R_{om} = \frac{R_{oi} + R_{oe}}{2} = \frac{R_1}{\sin \delta_1} = \frac{R_2}{\sin \delta_2}.$$

Roata plană se poate materializa prin două cuțite sau un cuțit de rabotat și prin două freze-disc ori unul sau două discuri de rectificat (fig. 11.28, *a* și *d*), în cazul danturilor curbe în arc de cerc sau de epi și hipocicloidă alungită printr-un cap de frezat (fig. 11.28, *c*) cu sculele dispuse pe un cerc, iar în cazul danturilor curbe în arc de evolventă printr-o freză-melc conică (fig. 11.28, *e*).

Mașinile pentru prelucrat dantura roților conice prin rulare pot să fie grupate în două: *a)* pentru semifinisarea danturilor conice drepte sau înclinate și curbe; *b)* pentru finisare.

a_1) Mașinile pentru semifinisarea danturii roților conice drepte și înclinate prin rulare pot să fie construite cu tambur de rulare și benzi (Bilgram sau Reineker) cu sector dințat (Gleason) sau cu roți de schimb.

Tamburul de rulare TR (fig. 11.29, *a* și *c*) cu benzile metalice $B_{1,2}$ are un capăt prins de tambur, iar celălalt de roata plană RP. Arborele tamburului AT leagă piesa P de tambur și este articulat în punctul A de arborele ce materializează centrul roții plane AR. Scula S execută mișcarea principală v, de avans transversal intermitent w_t și de retragere w_α. Piesa P execută mișcarea de rulare cu componentele de rotație în jurul centrului roții plane w_R și în jurul axei proprii w_r, precum și mișcarea de divizare w_d.

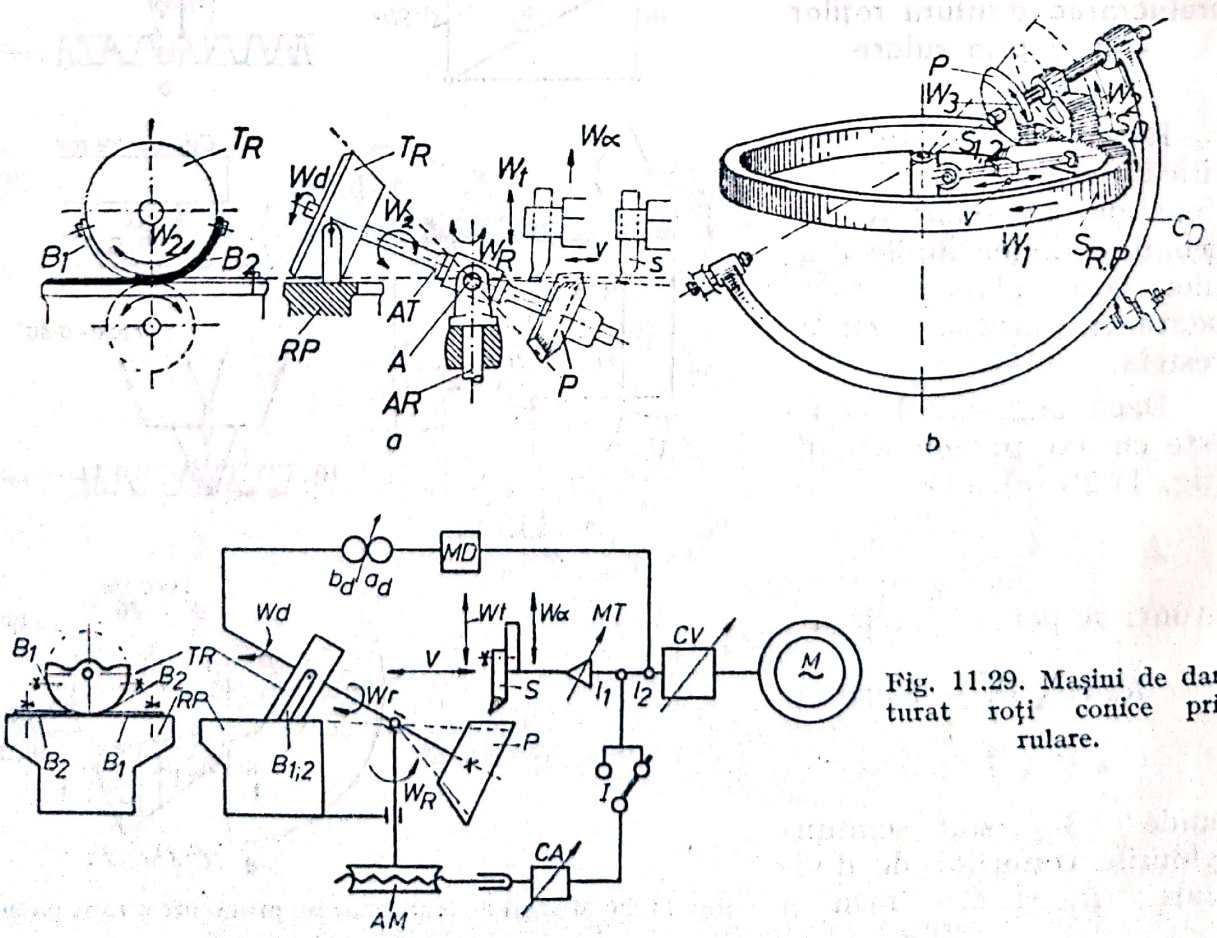


Fig. 11.29. Mașini de danturat roți conice prin rulare.

Mişcările sculei şi piesei sînt realizate cu ajutorul motorului M prin cutia de viteză CV. Mişcarea principală v se obţine cu ajutorul mecanismului de transformare MT care reglează lungimea cursei. Mişcarea de divizare w_d este preluată de la lanţul cinematic principal, în punctul l_2, cu ajutorul mecanismului de divizare MD şi reglată cu roţile de schimb a_d/b_d. Mişcările piesei sînt preluate, în punctul l_1, de la lanţul cinematic principal, prin inversorul I, cutia de avansuri CA şi angrenajul melcat AM. La rotirea piesei cu mişcarea w_R în jurul centrului roţii plane cu ajutorul arborelui AR piesa execută şi rotirea în jurul axului său w_r, datorită tamburului de rulare şi a benzilor.

Sistemul de generare cu sector dinţat (Gleason), prezentat în figura 11.29, *b*, este mai productiv deoarece lucrează şi cu două scule, dar precizia este mai redusă. Mişcarea de rulare $w_{1,2,3}$ se obţine prin oscilarea cadrului CD care se roteşte în jurul axului ce susţine piesa P şi sectorul dinţat SD. Cuţitele $S_{1,2}$ prelucrează ambele flancuri ale unui dinte (v. fig. 11.28, *b*) cu ajutorul mişcării de rabotare v.

La reglarea acestor maşini pentru prelucrarea pieselor se schimbă şi sectorul dinţat sau tamburul de rulare care este specific fiecărei piese.

Maşinile de danturat roţi conice cu roţi de schimb asigură corelarea mişcărilor de generare prin roţi de schimb.

Ciclul de lucru al acestor maşini constă din: rularea pentru degroşarea unui dinte într-un sens, oprirea şi inversarea sensului, prelucrarea de finisare prin rulare a aceluiaşi dinte în sens invers, rularea în continuare pînă la ieşirea sculelor din angrenare cu piesa, divizarea şi, în final, inversarea sensului şi reluarea ciclului de lucru.

La prelucrarea unor roţi dinţate de modul mare pentru a mări productivitatea ciclul de lucru constă din: prelucrarea de degroşare prin pătrundere (fără rulare) pînă la 3—4 mm de fundul dintelui, prelucrarea dintelui prin rulare, retragerea sculelor pînă la ieşirea din angrenare cu piesa după o direcţie perpendiculară pe dinte, revenirea sculelor, divizarea şi reînceperea ciclului de lucru.

Aceste maşini au o structură asemănătoare formate din batiul BT (fig. 11.30), capul portsculă CS, tamburul de rulare TR, capul portpiesă CP care se poate deplasa pe ghidajele longitudinale GL şi pe cele circulare GC cu ajutorul plăcii turnante PT.

Mişcarea principală v este asigurată de motorul M_v prin roţile de schimb a_v/b_v şi mecanismul bielă manivelă BM.

Mişcarea de divizare w_d a piesei este primită de la lanţul cinematic principal, în punctul l_1, şi transmisă piesei prin roţile de avans circular a_c/b_c, inversorul I, cuplajul C_d, mecanismul de divizare MD, diferenţialul DIF şi roţile de schimb a_d/b_d.

Mişcarea de rulare, cu componenta de rotaţie a roţii plane w_R şi a piesei w_r, este obţinută de la inversorul I prin roţile de schimb pentru mişcarea de oscilaţie a tamburului a_0/b_0, legătura cinematică l_2, care transmite mişcarea la scule $S_{1,2}$ şi prin roţile de schimb de rulare a_R/b_R, diferenţialul DIF şi roţile de schimb pentru divizare a_d/b_d, la piesă.

Din punctul l_3, înaintea inversorului I, se obţine mişcarea de avans w_i cu ajutorul camei spaţiale K.

Sincronizarea ciclului de lucru se face cu ajutorul discului de comandă DC care comandă inversorul I şi cuplajul C_d primind mişcarea prin legătura l_4.

Scanned with OKEN Scanner

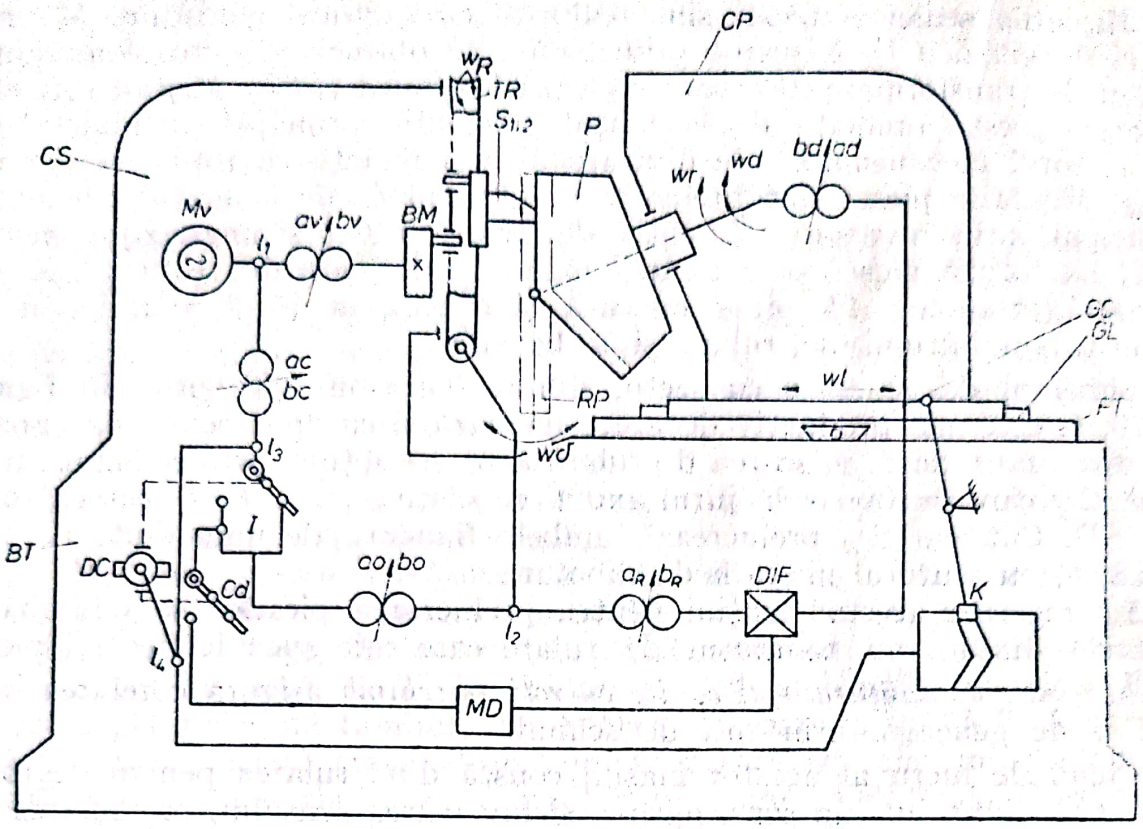


Fig. 11.30. Maşină de danturat roţi conice drepte şi înclinate, reglată cu roţi de schimb.

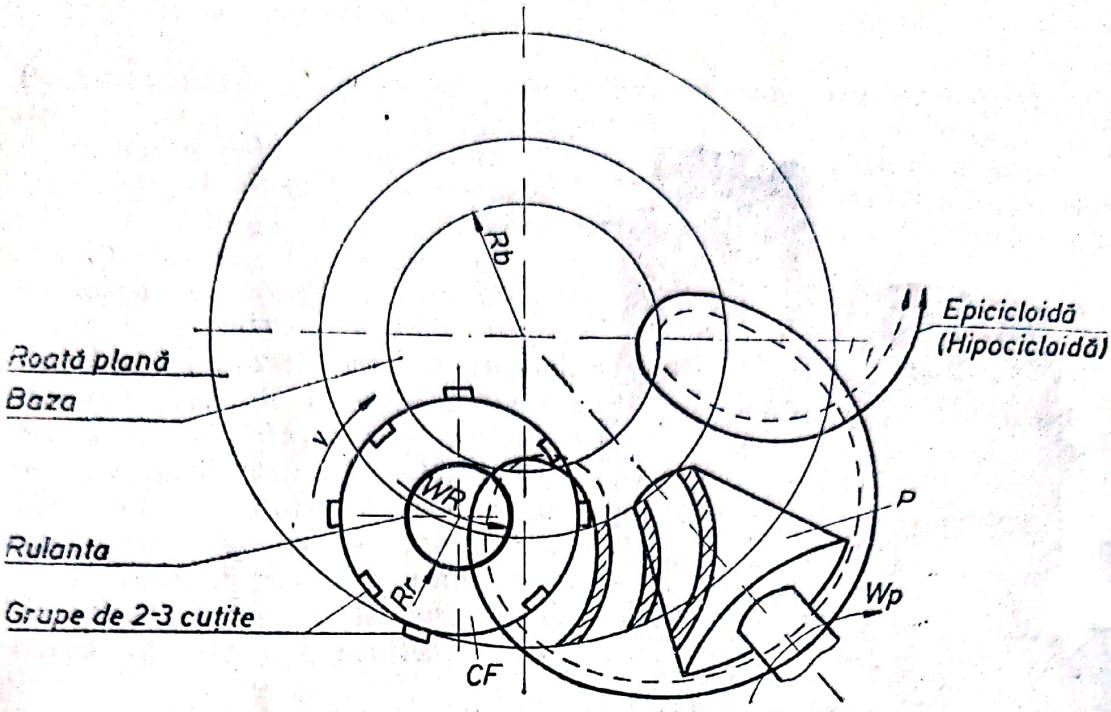
Mişcarea de poziţionare w_8 de plasare a generatoarei conului roţii-piesă în planul roţii plane se face manual.

Tot din categoria maşinilor reglate cu roţi de schimb fac parte şi maşinile care lucrează cu două freze-disc (v. fig. 11.28, *d*).

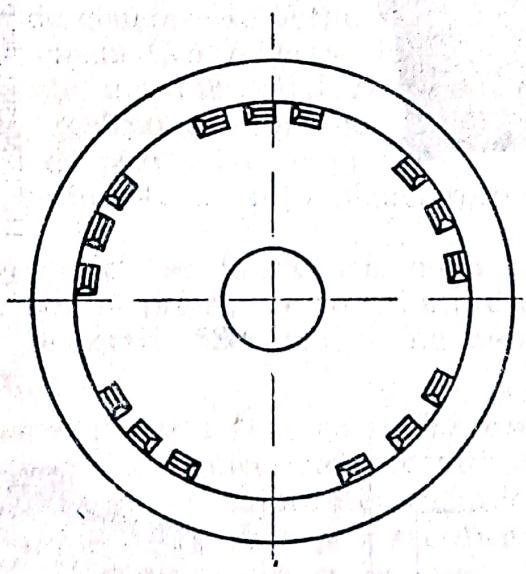
a_2. *Maşinile pentru semifinisarea danturilor curbe a roţilor conice prin rulare* sînt construite după tipul curbei utilizate la dantura respectivă. Din acest punct de vedere există maşini de prelucrat danturi conice curbe în arc de cerc, de evolventă, de epicicloidă sau hipocicloidă, de spirală etc. Maşinile de tip spiromatic (Oerlikan — Elveţia) prelucrează dantură curbă în arc de epi sau hipocicloidă cunoscută şi sub numele de dantură eloidă. Capul de frezat are grupe de cîte două cuţite sau trei cuţite (fig. 11.31, *a* şi *b*) dispuse pe un cerc. Capetele cu două cuţite fac numai finisarea danturilor, degroşarea se execută anticipat, iar cele cu trei cuţite fac degroşarea şi finisarea. Pe un cap de frezat există 3 pînă la 11 grupe de cuţite; fiecare grupă de cuţite prelucrează un gol dintre doi dinţi. În cazul a două cuţite unul finisează un flanc, iar celălat flancul opus. La grupele cu trei cuţite un cuţit face degroşarea şi celelalte două, finisarea flancurilor. Dantura eloidă se prelucrează prin rulare cu divizare continuă.

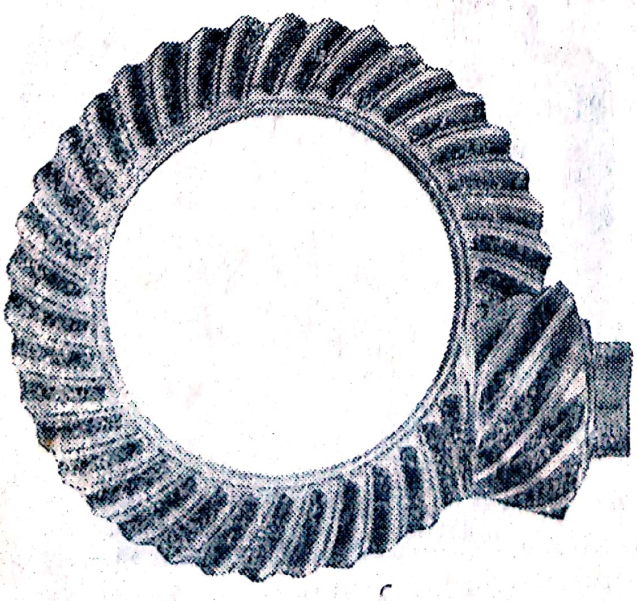
Roata plană este materializată (fig. 11.31, *a*) de capul de frezat *CF* care are un cerc de rază R_r numit rulantă, ce rulează pe un cerc de rază R_b a roţii plane numită bază. Dacă sculele sînt fixate la o rază mai mare decît R_r, curba dinţilor generaţi va fi o epicicloidă alungită, iar dacă sculele sînt fixate la o rază mai mică decît R_r curba dinţilor generaţi va fi o epocicloidă scurtată, iar dacă rulanta se află în interiorul bazei curba obţinută va fi o hipocicloidă.

Scanned with OKEN Scanner



a

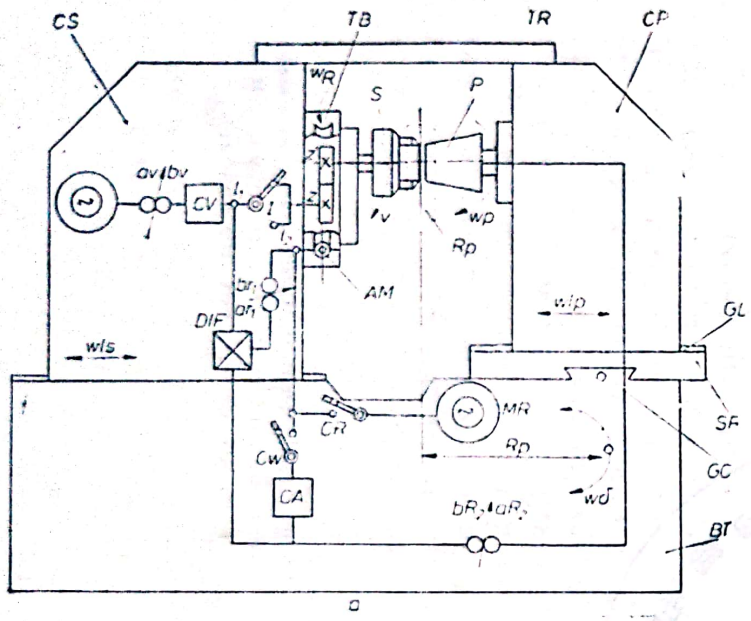




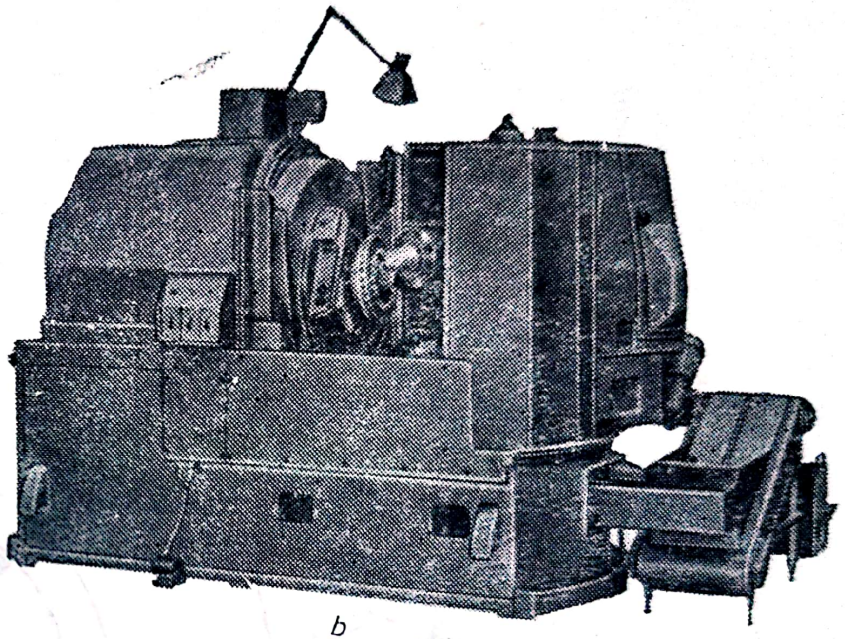
c

Fig. 11.31. Principiul de lucru al mașinilor de prelucrat danturi conice curbe în arc de epi sau hipocicloidă.

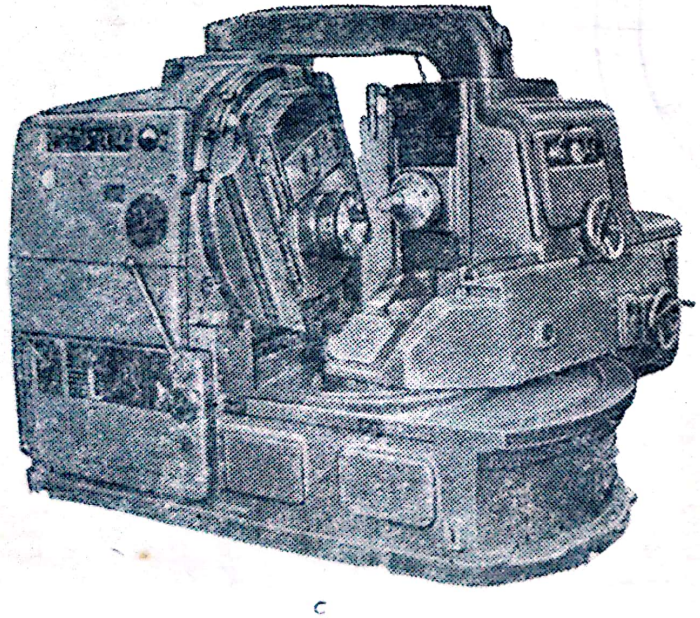
Scanned with OKEN Scanner



a



b



c

Fig. 11.32. Mașini de prelucrat dantură conică curbă (eloidă) în arc de epi sau hipocicloidă.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru generarea danturii, sculele execută mișcarea principală v, de rotație în jurul axului propriu, și, totodată, mișcarea de rotație w_R în jurul centrului roții plane. Piesa P execută mișcarea de rotație w_p.

În principal mașina este fomată din batiul BT (fig. 11.32), cu sania radială SR, avînd ghidajele circulare GC și longitudinale GL, capul portpiesă CP, traversa TR, tamburul TB și capul portscule CS.

Mișcarea principală v este obținută de la motorul M prin roțile de schimb a_v/b_v, cutia de viteză CV, inversorul I și roțile dințate z/z. Reglarea acestui lanț cinematic cu roți de schimb și cu o cutie de viteze asigură un domeniu larg de variație pentru această mișcare.

Mișcarea de rotație v a sculelor este corelată cu mișcarea de rotație a piesei w_p prin roțile de schimb a_{R2}/b_{R2} pentru obținerea curbei dinților.

Mișcarea de rotație w_R a tamburului TB este corelată cu rotația w_p a piesei prin roțile de schimb a_{R1}/b_{R1} care asigură rularea piesei pe roata plană și, deci, obținerea profilului danturii.

În sfîrșit mișcarea de rotație w_R a tamburului TB este corelată cu mișcarea de rotație a sculelor v cu ajutorul cutiei de avansuri CA prin cuplajul C_w.

Motorul M_R asigură mișcările rapide necesare pentru reglare prin cuplajul C_R.

Toate mișcările de generare se obțin de la același motor M și se ramifică prin legătură cinematică l_1 la scule și la piesă. Pentru distribuția mișcărilor se folosește un diferențial DIF.

Mașina permite realizarea mișcărilor de poziționare liniare a sculei w_{1s} și a piesei w_{1p} și de poziționare unghiulare a piesei w_δ pentru a aduce piesa cu generatoare în planul roții plane, rotind capul portpiesă CP cu raza R_p.

Mașinile „Spiromatic" se fabrică în două tipuri nr. 1 și nr. 2 (fig. 11.32, *b* și *c*) care pot să prelucreze roți dințate cu diametrul exterior de circa 350 mm și respectiv 580 mm, avînd modulul maxim de 10 mm, respectiv 13,6 mm.

b. Mașinile pentru finisarea danturii roților conice pot să lucreze prin copiere, în cazul danturilor conice curbe în arc de cerc, utilizînd o piatră oală cu buza profilată, sau, în majoritatea cazurilor prin rulare. Finisarea danturii roților conice se poate face prin rectificare sau alte procedee ca șeveruire, în cazul danturilor conice curbe în arc de cerc, rodare și lepuire.

În general danturile conice drepte și înclinate se rectifică cu discuri abrazive profilate să materializeze secțiunea minimă a unui dinte a roții plane sau flancurile unui gol dintre doi dinți ai roții plane.

Danturile conice curbe sînt finisate prin alte procedee cum ar fi rodarea, epuirea ș.a.

12

CENTRE DE PRELUCRARE

Centrele de prelucrare sînt rezultatul dezvoltării construcțiilor de mașini-unelte, în vederea satisfacerii în măsură din ce în ce mai mare a prelucrării în condiții tehnico-economice avantajoase a pieselor de mare

Scanned with OKEN Scanner

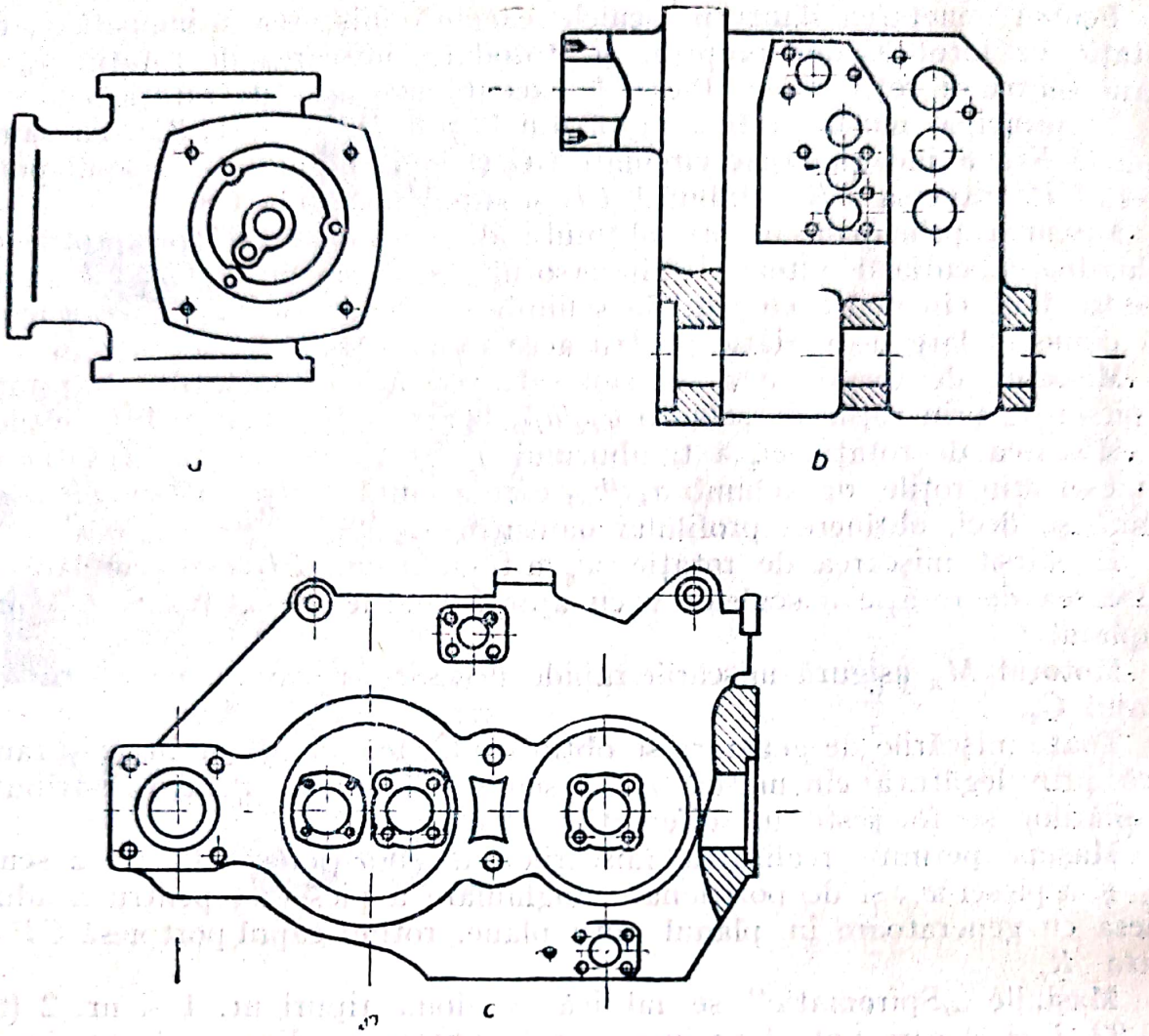


Fig. 12.1. Piese specifice prelucrării pe centre de prelucrare.

complexitate tehnologică, în cazul fabricației de serie mijlocie—mică sau chiar unicat.

O caracteristică specifică centrelor de prelucrare este faptul că piesele se pot prelucra într-o proporție foarte mare printr-o singură așezare, în cadrul unui ciclu automat, inclusiv schimbarea sculelor din arborele de lucru, corespunzător tuturor fazelor și a operațiilor.

Centrele de prelucrare sînt concepute cu precădere pentru prelucrarea pieselor carcasate, sau ale altora turnate sau forjate, avînd forme complexe și operații multiple. Ele sînt utilizate cu succes în industria construcțiilor de mașini-unelte, mașini textile, industria de avioane și automobile etc.

În figura 12.1 sînt prezentate cîteva piese specifice producției pe centre de prelucrare.

Comanda centrelor de prelucrare se realizează prin sisteme de comandă numerică după program (*NC*), comandă directă prin calculator (*CNC*) sau integrate în sisteme tehnologice flexibile prin (*DNC*).

Introducerea prelucrării pieselor de mare complexitate tehnologică pe centre de prelucrare oferă multiple avantaje ca: creșterea preciziei de prelucrare și a capacității de producție; folosirea mai eficientă a suprafețelor de producție; reducerea costului prelucrării; organizarea superioară a muncii în cadrul sectorului; reducerea la minim a efortului fizic al muncitorului etc.

Scanned with OKEN Scanner

12.1. ANSAMBLELE PRINCIPALE ŞI CINEMATICA CENTRELOR DE PRELUCRARE

Centrele de prelucrare pe parcursul dezvoltării lor s-au caracterizat, din punct de vedere constructiv şi cinematic, în primul rînd prin soluţiile utilajelor de bază din care au derivat. În acest sens putem aminti centre de prelucrare derivate din maşini de găurit în coordonate, maşini de frezat orizontale sau verticale, maşini de alezat şi frezat orizontale etc. De asemenea sînt realizate un număr însemnat de centre de prelucrare de construcţie şi cinematică specializate (*1*).

În figura 12.2 se prezintă schema centrului de prelucrare C-BKoZ 900, care derivă din maşina de găurit în coordonate MICROMAT-BKoz 900 NC.

După cum rezultă din schemă (fig. 12.2), construcţia maşinii şi cinematica ei este preluată integral de la maşina de găurit în coordonate, avînd ansamblele principale: batiul longitudinal *1*; masa portpiesă *2*; coloanele verticale *3* şi *4*; traversa mobilă *5*; căruciorul de găurit *6* cu arborele de lucru *7* şi dulapul, cu întreaga instalaţie de comandă *8*. Acţionarea arborelui de lucru *7* are loc printr-un motor electric ME_1, nodurile cinematice $i_1 \ldots i_n$, inversorul I_1 şi variatorul de turaţii V_T.

Deplasarea pe coordonatele *X*, *Y* şi *Z* are loc prin acţionarea cu lanţuri cinematice de avans şi de poziţionare adecvate, precum şi deplasarea pe verticală de poziţionare relativă „*W*" a căruciorului de găurit, faţă de masa port-piesă.

Ansamblele principale care completează maşina de găurit în coordonate, pentru a deveni centru de prelucrare, sînt magazia de scule *9* şi manipulatorul de schimbare automată a sculelor *10*. De asemenea se dezvoltă în mod corespunzător capacitatea de comandă a sistemului *NC*.

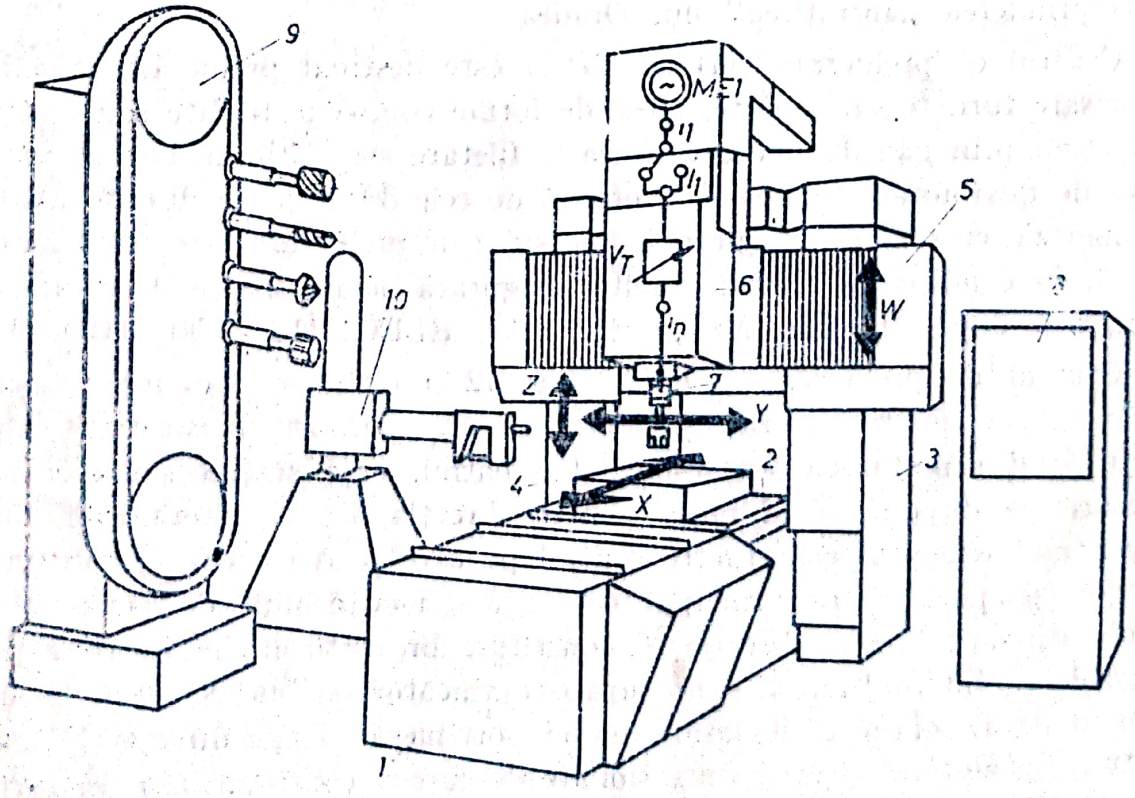


Fig. 12.2. Centrul de prelucrare „C – BKoZ 900".

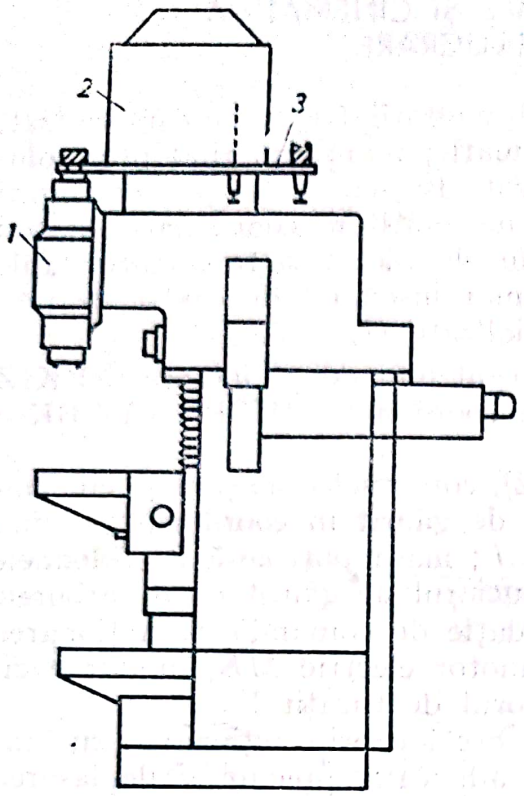


Fig. 12.3. Centrul de prelucrare „FUW C 315 NC".

Dezvoltarea unei mașini de frezat universală cu comandă numerică după program (FUW 315 NC), în centru de prelucrare (FUW C 315 NC), este ilustrată în figura 12.3 (*2*). După cum rezultă, mașina de frezat de construcție convențională, este completată cu un cap revolver *1*, o magazie de scule *2* și un dispozitiv de schimbare automată a sculelor *3*, asigurînd astfel mașinii de frezat un grad ridicat de universalitate, prin utilizarea a 24 de scule (din magazie), în cadrul unei prelucrări total automate.

Realizarea unor centre de prelucrare cu performanțe tehnologice și de precizie ridicate au condus la aplicarea unor lanțuri cinematice rigide și foarte precise, pentru mișcarea de avans și de poziționare, iar pentru mișcarea principală de acționare a sculelor, variatoare cu reglare cu număr mare de trepte de turații sau reglare continuă.

În figura 12.4 se prezintă vederea de ansamblu a centrului de prelucrare vertical *„CPV1"*, o realizare a constructorilor de mașini-unelte de la Întreprinderea „Înfrățirea" din Oradea.

Centrul de prelucrare vertical *CPV*1 este destinat prelucrării pieselor carcasate turnate sau sudate, piese de forme complexe forjate sau matrițate ș.a., prin găurire, alezare, frezare, filetare etc. Utilajul are un înalt grad de flexibilitate tehnologică, oferită de cele 30 de scule diferite aflate în magazia cu scule, desfășurarea procesului de prelucrare este total automată, în condiții de precizie înaltă, asigurată de un sistem de comandă numerică după program *NC* „GENERAL ELECTRIC" 550 MBD [1].

Centrul de prelucrare *„CPV*1" (fig. 12.4) este de tipul unei mașini verticale de găurit, frezat și alezat cu un montant, în construcția lui cuprinzînd următoarele ansamble: *1* — batiul, care susține sania de deplasare pe direcția *X* și masa pentru direcția *Y*; *2* — montantul, care constituie elementul constructiv central pe care se deplasează pe direcția *Z* păpușa port-arbore principal *6—7*; *3* — mecanismul de acționare a deplasării saniei *10*, pe direcția *X*, constituit din motorul electric de acționare de curent continuu *3* și un șurub conducător cu bile S_x; *4* — mecanismul de acționare a deplasării mesei port-piesă *11*, pe direcția *Y*, constituit din motorul electric de acționare de curent continuu *4* și un șurub conducător cu bile S_y; *5* — mecanismul de acționare a deplasării păpușii

Scanned with OKEN Scanner

6 împreună cu cutia de viteze *9* și arborele principal *7*, pe direcția *Z*, constituit din motorul electric de acționare de curent continuu *5* și un șurub conducător cu bile S_z; *6* — păpușa port-arbore principal; *7* — arborele principal în care se poziționează și se fixează pentru acționare, sculele de prelucrare Sc_i; *8* — dispozitivul de strîngere a sculei în arborele principal; *9* — cutia de viteze (variatorul de turații în trepte) prin care se realizează un număr de 24 trepte de turații ale arborelui principal între 21 ... 3200 rot/min; *10* — sania de poziționare (deplasare) pe direcția *X*; *11* — masa port-piesă, pe care are loc fixarea piesei *P* și posibilitatea deplasării pe direcția *Y*; *12* — magazia de scule, de forma unui tambur cu ax vertical cu 30 de locașuri pentru scule; *13* — mecanismul de schimbare a sculei, prevăzut cu o mînă mecanică dublă ale cărei mișcări se realizează cu cilindri hidraulici, după un program dinainte stabilit; rotirea magaziei se face cu ajutorul unui motor electric de curent continuu, iar alegerea sculelor se face cu un sistem de identificare a locașurilor din magazie, prin numărare; *14* — panoul de comandă, integrat în construcția dulapului de comandă, permite programarea manuală sau automată prin bandă perforată, pe trei axe poziționare sau conturare cu interpolare liniară și circulară, comutabilă în trei planuri.

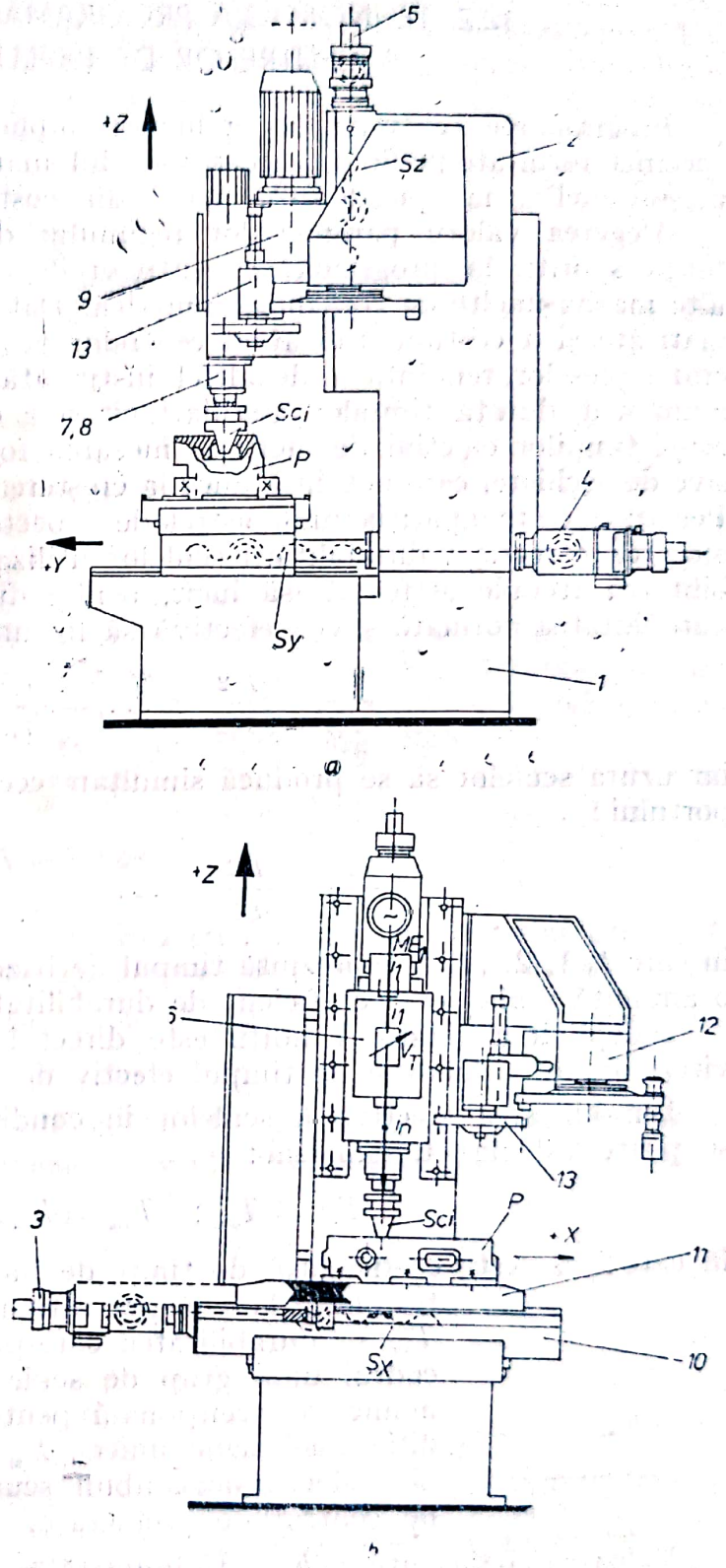


Fig. 12.4. Centrul de prelucrare „CPV1".

12.2. TEHNOLOGIA PROGRAMĂRII NUMERICE A CENTRELOR DE PRELUCRARE

Programarea centrelor de prelucrare implică considerarea unor aspecte specifice rezultate pe de o parte din gradul înalt de automatizare a acestor mașini-unelte, iar pe de altă parte din costul ridicat de achiziționare.

Alegerea valorii parametrilor regimului de așchiere capătă o importanță sporită la programarea centrelor de prelucrare în comparație cu alte mașini-unelte cu comandă numerică. Datorită gradului înalt de automatizare și a costului ridicat al centrelor de prelucrare există, la prelucrarea pieselor, tendința — de altfel justificată — de a se reduce la maximum atît durata timpilor auxiliari cît și a celor de bază. Pentru reducerea timpilor efectivi de lucru se încearcă folosirea unor regimuri intensive de așchiere, care pot însă duce la creșterea cheltuielilor de prelucrare. Pentru a evita apariția unor astfel de aspecte de primă importanță este alegerea corectă a durabilității sculelor utilizate în prelucrare [1]. Durabilitatea trebuie astfel aleasă încît, pentru fiecare sculă, raportul dintre durabilitatea normată și cea efectivă să fie unitar:

$$\frac{T_n1}{T_e1} = \frac{T_n2}{T_e2} = \ldots = \frac{T_ni}{T_ei} = 1,$$

iar uzura sculelor să se producă simultan ceea ce implică satisfacerea raportului:

$$\frac{T_e1}{t_o1} = \frac{T_e2}{t_o2} = \ldots = \frac{T_ei}{t_oi} = Q,$$

în care t_0 1, 2, ..., i reprezintă timpul de bază al operațiilor efectuate cu o anumită sculă; Q — coeficient de durabilitate economică convențională.

Îndeplinirea acestor condiții este direct legată de alegerea corectă a vitezelor de așchiere și de timpul efectiv de așchiere cu fiecare sculă.

Durabilitatea efectivă a sculelor în condițiile centrelor de prelucrare se poate calcula cu expresia:

$$T_ei = T_{sm}; \quad T_{sm} = k_{sm}T_{Nt},$$

în care: T_e este coeficientul de timp de lucru al sculei este aproximativ unitar la o alegere rațională a regimului de așchiere; T_{sm} — durabilitatea corespunzătoare utilizării sculei în cadrul unui grup de scule; T_{Nt} — durabilitatea economică convențională pentru utilizarea sculei în condiția unei scule unice; k_{sm} — coeficientul de utilizare al sculei în ansamblul sculelor folosite la prelucrarea pe centrul de prelucrare.

Valoarea coeficientului k_{sm} este indicată în tabelul 12.1.

Tab. 12.1. **Valorile coeficientului k_{sm}**

Numărul sculelor din magazie	1	2	3	4	5	6..8	9..12	peste 12
Valoarea coeficientui k_{sm}	1	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4

Scanned with OKEN Scanner

Reducerea timpului auxiliar este influențată în bună măsură, respectînd condițiile referitoare la durabilitate, de programarea corectă a fazelor în care nu are loc așchierea. În acest sens, programarea schimbării sculelor este determinată. Aceasta trebuie astfel făcută încît în timp ce scula T_{i-1} așchiază, scula următoare T_i să fie extrasă din magazie și transportată de mîna mecanică în poziția de așteptare. Prin această suprapunere în timp a fazelor auxiliare cu cele de prelucrare se reduce timpul total pe piesă.

Pentru buna funcționare a magaziei de scule, în special la cele de tip disc, se impune ca la proiectarea tehnologiei sculele să fie uniform distribuite pentru ca magazia să fie echilibrată din punct de vedere a greutății lor.

Alte aspecte specifice programării centrelor de prelucrare rezultă din posibilitățile constructive a acestora corelate cu cele ale echipamentului de comandă numerică. Spre exemplificare se consideră numai posibilitatea de oprire orientată a arborelui principal. Datorită condițiilor impuse de funcționarea mîinii mecanice, arborele principal poate fi oprit, în afară de situațiile impuse de schimbarea sculelor, în aceeași poziție. Astfel prin programarea cuvîntului $M19$ arborele principal, la centrul de prelucrare $CPV1$, se oprește la 45° față de axele $-X_p$ și $-Y_p$. Această posibilitate se poate folosi la programarea unei alezări fine pentru a preîntîmpina zgîrierea pereților alezajului la scoaterea sculei (fig. 12.5):

```
N01  G90
N20  M19
N21  G01  X + 2828  Y + 2828  F ...
N22  G00  Z0
```

În blocul N19 s-a prevăzut oprirea cu orientare a arborelui principal. Pentru a nu zgîria pereții alezajului, s-a programat în blocul N21 o deplasare de 2 mm după axele X și $Y\left(2{,}88 = \frac{2}{\cos 45°}\right)$ urmată de o retragere rapidă a sculei, bolcul N22, în $Z_p = 0$.

Aceeași facilitate oferită de centrul de prelucrare se poate utiliza la prelucrarea alezajelor din carcase cu pereți intermediari (fig. 12.6).

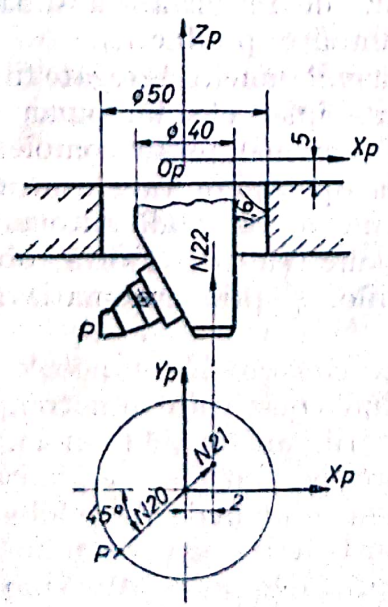


Fig. 12.5. Ciclu de alezare programabil pe CPV1.

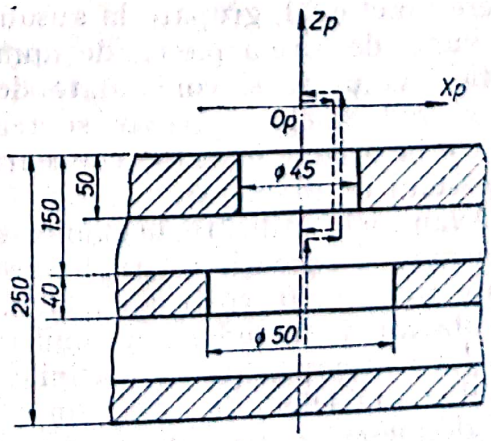


Fig. 12.6. Ciclu de prelucrare a alezajelor din pereții intermediari.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a pătrunde scula necesară prelucrării alezajului Ø 50 se programează următorul ciclu de prelucrare:

— interpolare liniară (eventual deplasare rapidă după axele X și Y) pentru deplasarea centrului barei de alezat cu diametru mai mare;
— deplasare după axa $-Z$ cu avans rapid;
— repoziționarea sculei cu centrul în axa alezajului;
— prelucrarea efectivă;
— retragerea după o traiectorie similară cu cea anterioară.

Pentru întocmirea unui program corect de prelucrare pe fiecare centru de prelucrare trebuie cunoscute toate posibilitățile acestuia și utilizate în mod rațional.

13

MAȘINI-UNELTE AGREGATE ȘI LINII AUTOMATE

Producția de serie mare și de masă impune utilizarea unor mașini de mare productivitate, pe care să se realizeze pe cît posibil prelucrarea integrală a pieselor, cu reducerea la minimum a timpilor de lucru. Pentru scurtarea timpului de prelucrare, o serie de operații pot fi executate simultan, ceea ce micșorează timpul de bază, și cu un grad ridicat de automatizare pentru reducerea timpului auxiliar.

Proiectarea și execuția unor mașini-unelte monoscop, destinate în exclusivitate prelucrării unui anumit reper nu constituie o soluție economic justificată, costul proiectării și execuției unei asemenea mașini, ale cărei componente reprezintă piese unicat, fiind foarte mare. Un alt inconvenient al mașinilor monoscop îl constituie timpul îndelungat necesar proiectării, pregătirii tehnologice și execuției. Dezavantajoasă este și lipsa de flexibilitate a acestor mașini; modificări constructive, de material sau de tehnologie a piesei de prelucrat pot face ca mașina să devină inutilizabilă. Mașinile monoscop mai prezintă și un grad redus de reutilizare a subansamblelor și pieselor componente în cazul schimbării producției.

Agregatizarea elimină aceste inconveniente, mașinile-unelte agregate fiind constituite din componente tipizate, independente între ele din punct de vedere funcțional, grupate în ansamble mai mult sau mai puțin complexe, în funcție de forma piesei, de numărul și natura operațiilor care urmează să fie executate și comandate de un sistem unic de comandă automată. Pe mașinile-unelte agregate se realizează o productivitate ridicată, obținută prin gradul înalt de concentrare a operațiilor și prin automatizarea procesului de prelucrare.

Avantajele utilizării mașinilor-unelte agregate constau în termenele de proiectare și execuție relativ reduse, mașinile fiind constituite din componente tipizate, în costurile mai mici ale proiectării, pregătirii tehnologice și fabricației. Totodată mașinile-unelte agregate prezintă o flexibilitate sporită în comparație cu mașinile monoscop și un grad înalt de refolosire a subansamblelor. În cazul unor modificări constructive sau de tehnologie ale piesei se poate interveni asupra mașinii prin reglaje relativ simple, iar la schimbarea producției, componentele mașinii pot servi la construcția unei alte mașini-unelte agregate.

Scanned with OKEN Scanner

Pe mașinile-unelte agregate se execută în mod obișnuit operații de burghiere, lărgire, adîncire, lamare, alezare, prelucrare de filete cu tarodul, strunjire, frezare ș.a. Mișcările de lucru sînt executate de către scule, piesele fiind fixate în timpul prelucrării.

Dacă executarea simultană sau succesivă a tuturor operațiilor cu piesa prinsă într-un singur post de lucru nu este posibilă, piesele vor fi transportate de la un post de lucru la următorul prin intermediul unui sistem de transfer. Transferul piesei se realizează fie de la un post la altul în cadrul aceleiași mașini (la mașinile-unelte agregate cu mai multe posturi), fie de la o mașină la alta (la liniile automate).

13.1. MAȘINI-UNELTE AGREGATE

Construcția mașinilor-unelte agregate diferă în funcție de mărimea piesei de prelucrat, de tipul și numărul operațiilor, de direcțiile mișcărilor de avans al sculelor, de gradul de simultaneitate a operațiilor, de numărul posturilor de lucru etc.

În figura 13.1 se prezintă construcția unei mașini-unelte agregate cu masă fixă. Piesa *P* este prinsă într-un dispozitiv *D* montat pe masa *M* a mașinii. Masa este plasată pe un batiu central *Bc*, legat prin elementele de legătură și montaj *Elm* de batiurile laterale *Bl*. Unitățile de lucru *Ul*, compuse din capetele de forță *Cf* și săniile *S*, se montează pe un suport *Sp* fixat pe batiul lateral sau pe montantul *Mt*. Dacă se prelucrează simultan mai multe alezaje utilizînd mai multe scule, capetele de forță sînt prevăzute cu cutii (capete) multiax *Cm*.

Batiurile, montanții, suporții săniilor, săniile și capetele de forță sînt tipizate în funcție de mărime, destinație, putere, cursă etc., astfel încît permit o mare diversitate a modurilor de asamblare.

În figura 13.2 se prezintă o serie de construcții de mașini-unelte agregate simple, caracterizate prin faptul că semifabricatul nu execută nici o mișcare, fiind prelucrat dintr-o singură prindere cu o singură unitate de lucru, dintr-un singur sens sau cu mai multe unități de lucru din sensuri diferite.

Dispozitivele de prindere a piesei pot fi prevăzute cu bucșe pentru ghidarea sculelor pentru asigurarea unei precizii corespunzătoare. După prinderea semifabricatului în dispozitiv se pornește ciclul de lucru constînd dintr-o apropiere rapidă a sculelor, trecerea pe avans de lucru și executarea prelucrării propriuzise și o retragere rapidă. La mașinile agregate cu mai multe capete de forță prelucrarea se realizează simultan din mai multe sensuri sau, dacă există

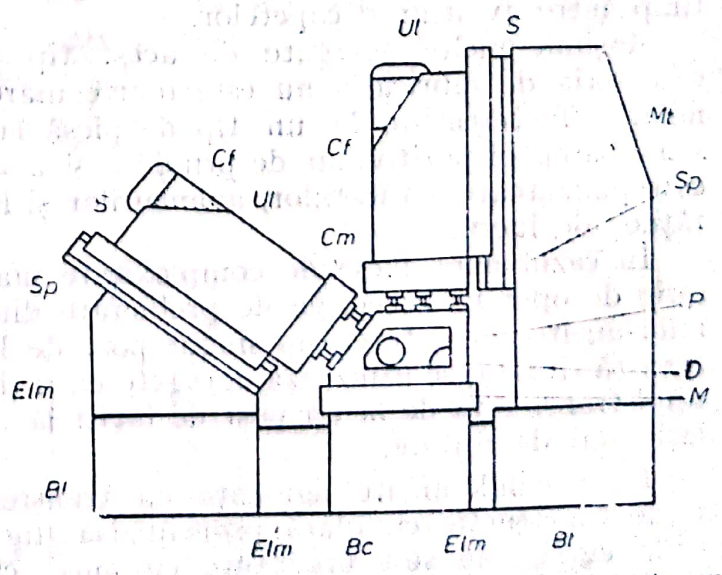


Fig. 13.1. Construcția unei mașini-unelte agregate cu masă fixă.

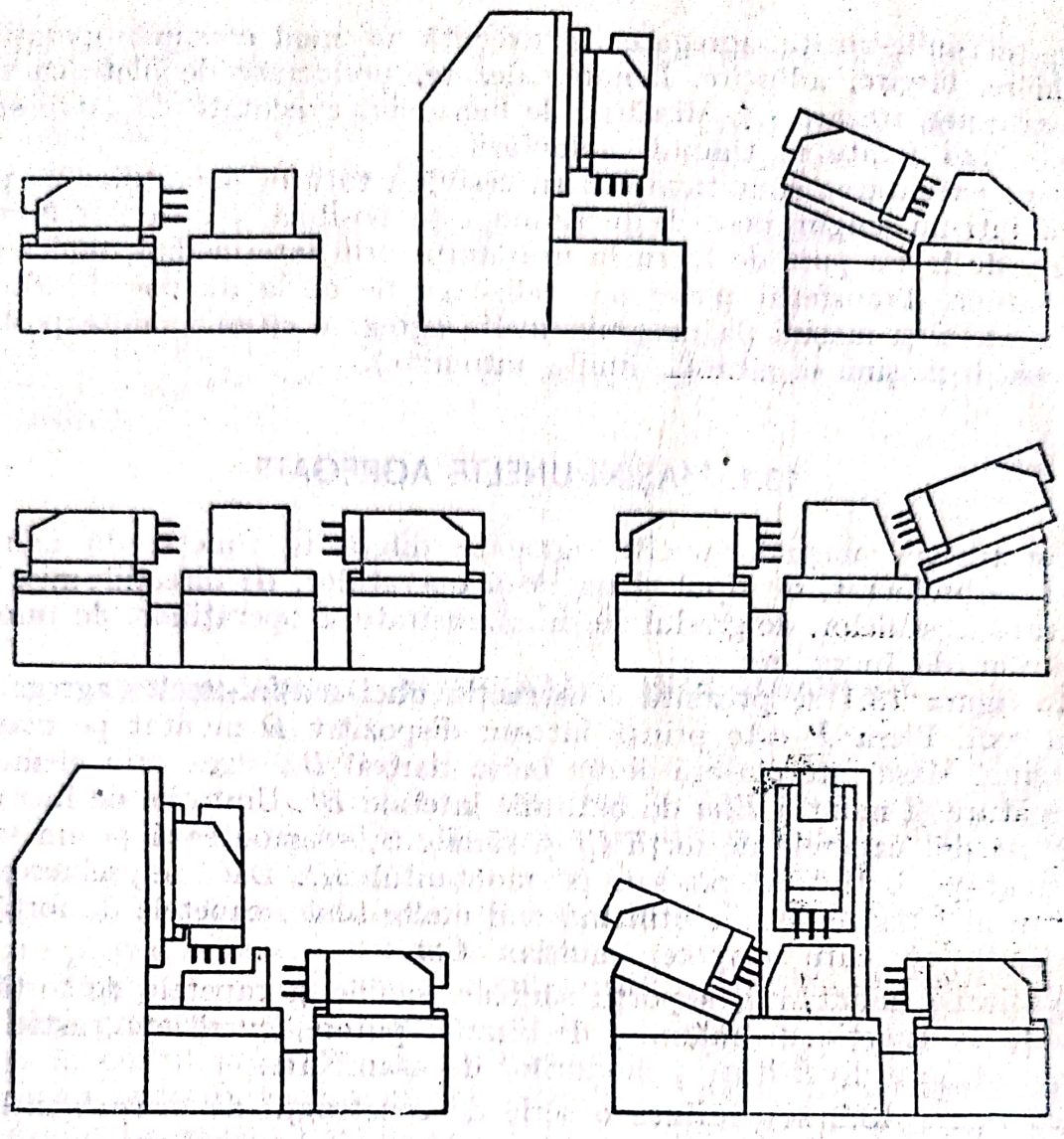


Fig. 13.2. Variante constructive ale mașinilor-unelte agregate cu masă fixă.

pericolul unei „întîlniri" a sculelor, prin introducerea unui decalaj de timp între avansurile capetelor.

Mașinile-unelte agregate de acest tip pot fi utilizate și în cazul în care seria de fabricație nu este foarte mare, dar există serii de piese similare. Trecerea de la un tip de piesă la altul se realizează doar prin schimbarea dispozitivului de prindere și a cutiilor multiax și prin reglarea corespunzătoare a turațiilor, avansurilor și limitatoarelor de cursă ale unităților de lucru.

În cazul unor piese de complexitate mai ridicată sau care necesită o serie de operații succesive de prelucrare din același sens, utilizarea mașinilor-unelte agregate cu un singur post de lucru nu mai este posibilă. În această situație se utilizează agregate cu mai multe posturi de lucru, piesa fiind transferată de la un post de lucru la altul printr-o mișcare de translație sau de rotație.

La mașinile-unelte agregate cu transfer circular masa mașinii poate fi de construcție circulară propriu-zisă (fig. 13.3) sau inelară (fig. 13.4). Cînd agregatele sînt prevăzute cu masă circulară propriu-zisă, unitățile de lucru sînt plasate pe batiuri laterale și pe montanți așezați în afara

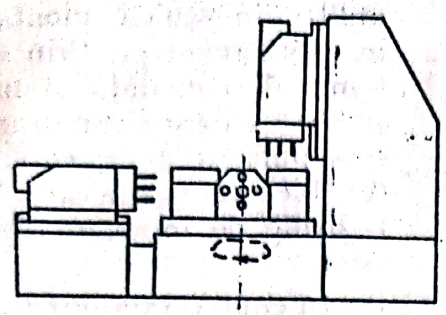


Fig. 13.3. Construcţia unei maşini-unelte agregate cu masă indexantă rotundă.

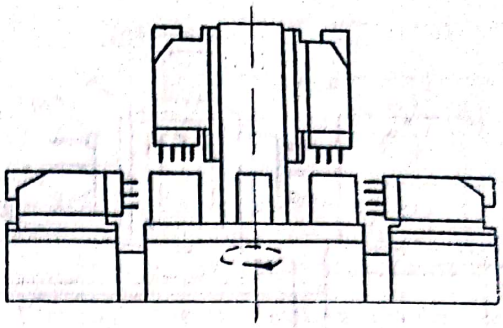


Fig. 13.4. Construcţia unei maşini-unelte agregate cu masă indexantă inelară.

batiului central. La construcţiile cu masă inelară unităţile de lucru care prelucrează cu avans pe direcţie verticală sînt amplasate pe un montant central înconjurat de masa maşinii.

În fiecare post de lucru a maşinilor agregate de acest tip se execută alte operaţii sau grupe de operaţii, posturile fiind amplasate în ordinea de succesiune cerută de procesul tehnologic. Semifabricatul trece împreună cu dispozitivul de prindere prin dreptul fiecărui post de lucru. Durata de prelucrare a unei piese corespunde timpului între două indexări succesive ale mesei, timp care poartă denumirea de tact al maşinii-unelte agregate. Tactul depinde de durata celei mai lungi dintre operaţii.

Numărul de dispozitive de prindere de pe masa maşinii corespunde numărului de indexări ale mesei la o rotaţie completă a ei şi cu numărul de posturi, unul dintre posturi fiind rezervat pentru scoaterea piesei prelucrate din dispozitiv şi prinderea unui nou semifabricat. În această situaţie timpul auxiliar necesar prinderii şi desprinderii piesei se suprapune cu timpul de maşină şi nu afectează productivitatea prelucrării. Evident, dispozitivele trebuie să permită o desprindere şi o prindere rapidă, astfel încît operaţia de înlocuire a piesei prelucrate cu alt semifabricat să poată fi efectuată într-un timp inferior tactului agregatului.

În construcţia maşinilor-unelte agregate se pot întîlni şi soluţii specifice unei anumite categorii de piese.

Construcţia prezentată în figura 13.5 este destinată prelucrării unor piese prevăzută cu alezaje cu axele în cruce. Piesa este fixată într-un dispozitiv montat pe o masă indexantă. Capul de forţă este prevăzut cu un cap revolver, astfel încît fiecare alezaj se prelucrează cu una sau mai

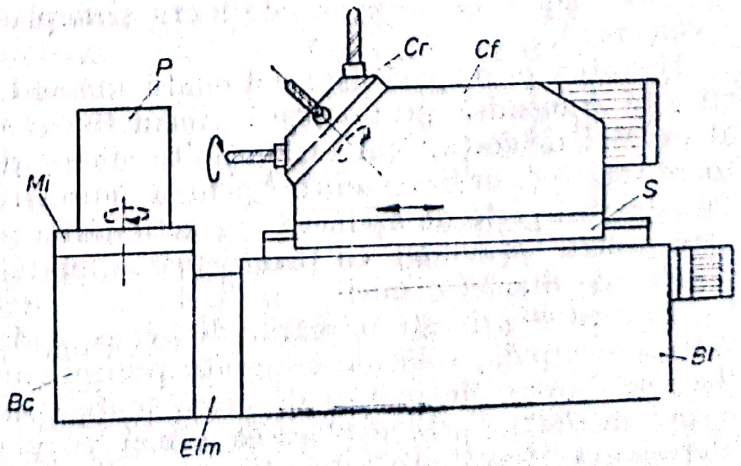


Fig. 13.5. Maşină-agregat cu cap revolver.

Scanned with OKEN Scanner

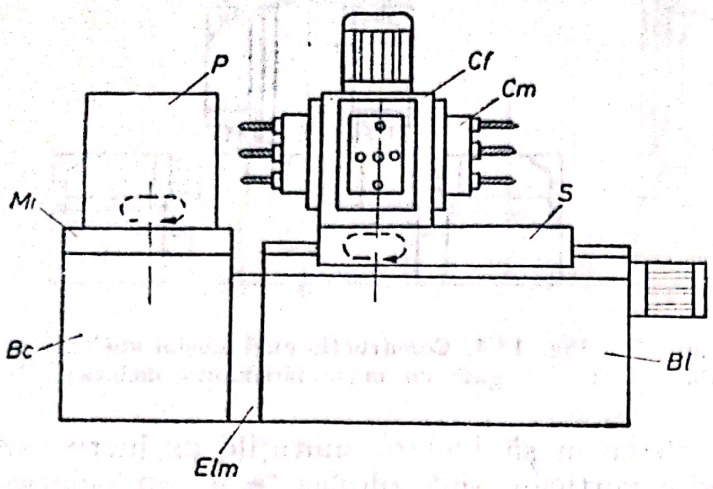


Fig. 13.6. Maşină-agregat cu cap de forţă revolver şi cutii multiaxe.

multe din sculele montate în capul revolver. Prin sistemul de comandă al maşinii se asigură comutarea corespunzătoare a capului revolver pentru fiecare din poziţiile de indexare a piesei.

În construcţia din figura 13.6, capul de forţă este de tipul cap revolver. Atît capul de forţă, cît şi masa pe care este fixată piesa execută indexări care aduc pentru fiecare rotire cu 90° a piesei o altă cutie multiax în poziţie de lucru. Dacă este necesară prelucrarea unor alezaje numai pe două feţe opuse ale piesei, cele patru cutii multiax montate pe capul de forţă pot fi utilizate două cîte două pentru executarea unor operaţii succesive (de ex. burghiere şi alezare).

La alte variante constructive de genul celor mai sus prezentate mişcarea de avans este executată de piesă, capul de forţă rămînînd în poziţie fixă. Există de asemenea maşini-unelte agregate prevăzute cu capete de forţă cu sisteme de schimbare automată a sculelor, sisteme asemănătoare cu cele ale centrelor de prelucrare, şi chiar cu sisteme de înlocuire automată a cutiilor multiax.

13.1.1. Unităţi de lucru

Unităţile de lucru sînt componentele principale ale maşinilor-unelte agregate, prin intermediul cărora se acţionează mişcările sculei sau ale sculelor. Construcţia lor depinde de procedeul de prelucrare, de elementul care execută mişcarea de avans, de natura acţionării etc. Operaţiile pentru care se construiesc unităţile de lucru sînt cele de găurire, alezare, strunjire interioară, strunjire plană, frezare ş.a.

Cinematica unităţilor trebuie să asigure realizarea mişcării principale de rotaţie a sculei (sau a sculelor, în cazul în care se utilizează cutii multiax), mişcarea de avans de lucru şi deplasările rapide de apropiere şi retragere.

Mişcarea principală este acţionată în mod obişnuit prin motoare electrice şi transmisă prin lanţuri cinematice mecanice la arborele de ieşire al capului de forţă. Mai rar întîlnite sînt acţionările hidrostatice, cu motoare rotative, utilizate uneori pentru acţionarea capetelor de forţă lucrînd cu regimuri grele de aşchiere sau acţionările pneumatice, cu turbină, preferate pentru acţionarea cu turaţii foarte înalte necesare la prelucrarea alezajelor de diametre mici.

În ceea ce priveşte mişcările de avans şi deplasările de apropiere şi de retragere rapidă, soluţiile adoptate prezintă un mare grad de diversitate. La unele tipuri de unităţi de lucru toate aceste mişcări sînt efectuate de capul de forţă, prin deplasarea saniei pe ghidaje. La alte construcţii se deplasează pinola arborelui de ieşire al capului de forţă. Există de ase-

Scanned with OKEN Scanner

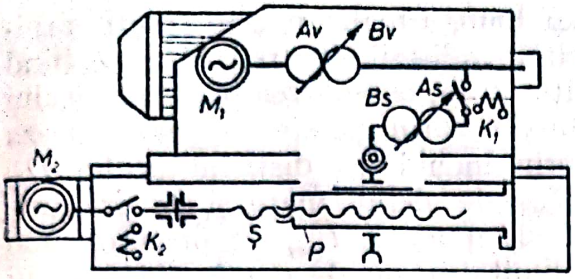


Fig. 13.7. Cap de forţă cu avansul acţionat prin şurub şi piuliţă.

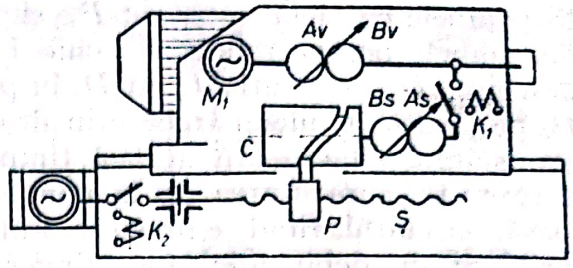


Fig. 13.8. Cap de forţă cu avansul de lucru acţionat prin camă cilindrică.

menea soluţii combinate, la care apropierea şi retragerea rapidă se realizează prin intermediul saniei, iar avansul de lucru este transmis pinolei. La capetele de forţă de frezare şi la cele pentru strunjire plană se aplică soluţii specifice pentru acţionarea avansului.

În figura 13.7 este prezentată o unitate de lucru la care mişcarea de rotaţie a arborelui de ieşire al capului de forţă Cf este acţionată de la motorul M_1, prin roţile de schimb A_s, B_s. Deplasările rapide sînt acţionate prin motorul M_2, care, la închiderea cuplajului electromagnetic K_2, roteşte şurubul $Ş$, deplasînd sania S cu capul de forţă. Avansul de lucru se obţine la închiderea cuplajului electromagnetic K_1 (K_2 fiind deschis), printr-un lanţ cinematic cuprinzînd roţile de schimb A_s, B_s şi un mecanism melc — roată melcată prin care se roteşte piuliţa P.

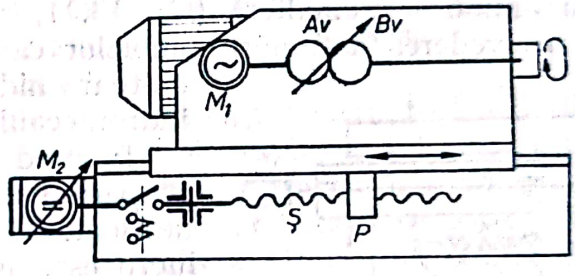


Fig. 13.9. Acţionarea cu motor de curent continuu a avansului capului de forţă.

La construcţia din figura 13.8 avansul de lucru se obţine prin închiderea cuplajului K_1 şi acţionarea camei cilindrice C prin intermediul roţilor de schimb A_s, B_s, culegătorul camei fiind solidar cu piuliţa P. Modul de funcţionare este similar cu cel al unităţii de lucru din figura anterioară.

În cazul în care deplasarea saniei este acţionată prin motoare de curent continuu, avansul de lucru, apropierea şi retragerea rapidă sînt realizate prin acelaşi lanţ cinematic, turaţia motorului şi sensul său de rotaţie fiind comandate printr-un sistem automat de la limitatoare de cursă (fig. 13.9).

La unitatea de lucru din figura 13.10 avansul este acţionat de motorul-hidraulic liniar M_h. Alimentarea circuitului se realizează de

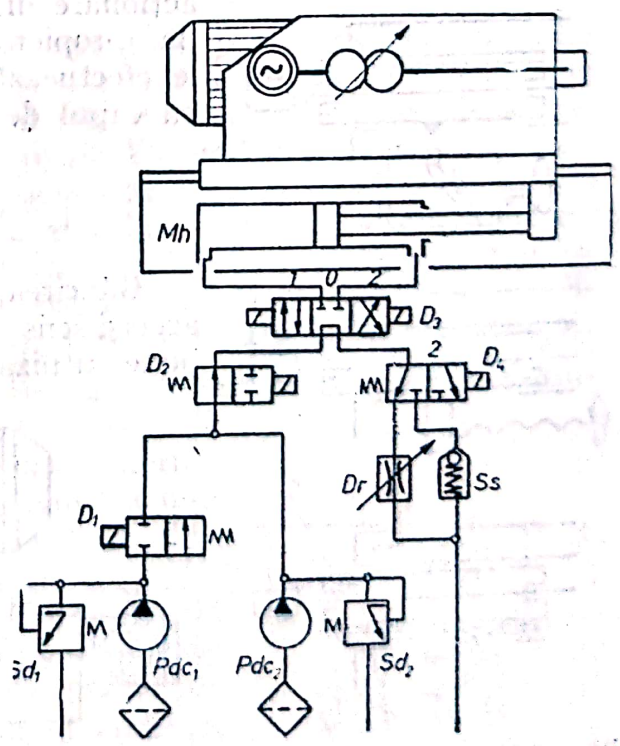


Fig. 13.10. Acţionarea hidraulică a avansului capului de forţă.

la pompele cu debit constant P_{dc1} și P_{dc2}. Pentru realizarea apropierii rapide, ambele pompe refulează lichid în circuit, distribuitoarele D_1 și D_2 fiind deschise, D_3 în poziția *1*, iar D_4 în poziția *2*. La comutarea distribuitorului D_4 pe poziția *1*, uleiul trece prin droselul *Dr*, prin care se reglează viteza avansului de lucru. În același timp, prin închiderea distribuitorului D_1, se oprește alimentarea de la pompa P_{dc2} de debit mare și de presiune joasă, circuitul fiind alimentat numai de pompa P_{dc1} de presiune mai înaltă și de debit mic. La atingerea limitatorului de cursă a avansului de lucru, distribuitorul D_3 trece în poziția *2*, D_1 se deschide, iar D_4 comutează revenirea uleiului prin supapa de sens S_s. Se realizează astfel retragerea rapidă a capului de forță. Pentru oprirea mișcării este acționat electromagnetul distribuitorului D_2, care închide circuitul de alimentare.

La unitățile de lucru cu pinolă mișcarea de avans este executată de arborele de ieșire al capului de forță, împreună cu pinola sa, capul de forță rămînînd blocat pe ghidaje în timpul prelucrării.

O largă răspîndire o au sistemele mecanice de acționare a avansului pinolei. Pentru realizarea unor curse scurte pot fi utilizate camele-disc (fig. 13.11, *a*) sau cele cilindrice (fig. 13.11, *b*). Curse mai lungi se realizează prin intermediul unor mecanisme de tip șurub-piuliță (fig. 13.11, *c*) sau pinion — cremalieră (fig. 13.11, *d*).

În vederea acționării pinolelor capetelor de forță se utilizează uneori motoare hidraulice liniare sau diferite variante hidromecanice.

În mod curent cursele pinolelor sînt scurte, acoperind numai pătrunderea sculelor în semifabricat. Dacă pentru eliberarea zonelor de lucru este necesară retragerea sculelor pe distanțe mai mari decît cele pe care le permite cursa pinolei, unitățile de lucru cu pinolă au o acționare distinctă pentru executarea mișcărilor de apropiere și retragere rapidă, mișcări pe care le efectuează sania unității de lucru împreună cu capul de forță (fig. 13.12).

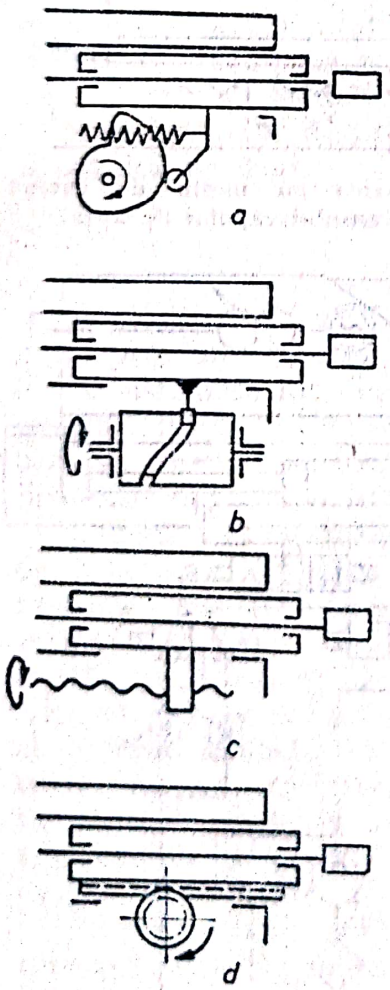


Fig. 13.11. Variante de acționare a avansului pinolelor capetelor de forță.

13.1.2. Capete multiaxe

Găurirea, alezarea sau filetarea simultană din același sens a unui număr mare de alezaje impune utilizarea capetelor (cutiilor) multiaxe.

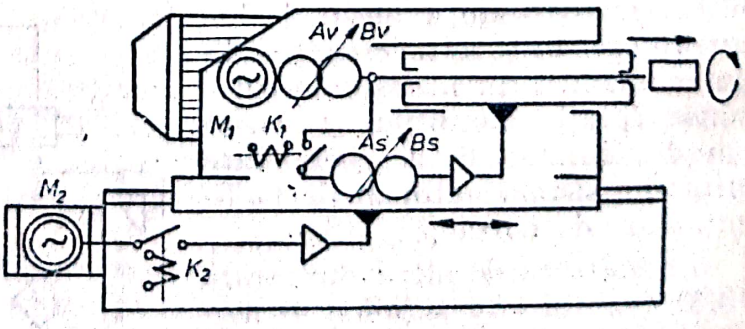


Fig. 13.12. Acționarea separată a avansului de lucru și a celui rapid la un cap de forță cu pinolă.

Aceste capete preiau mişcarea de rotaţie de la arborele de ieşire al capetelor de forţă şi o distribuire la arborii portsculă.

Găurile care se prelucrează pot avea acelaşi diametru sau diametre diferite, ceea ce implică acţionarea arborilor portscule cu aceeaşi turaţie sau cu turaţii diferite.

În funcţie de construcţia lor, capetele multiax pot fi fixe sau reglabile.

Capetele multiaxe fixe sînt destinate producţiei de mare serie şi au posibilităţi de utilizare restrînse, distanţele între axele sculelor fiind constante. Distribuţia mişcării la arborii portscule se realizează de obicei prin roţi dinţate plasate în unul sau mai multe planuri (fig. 13.13).

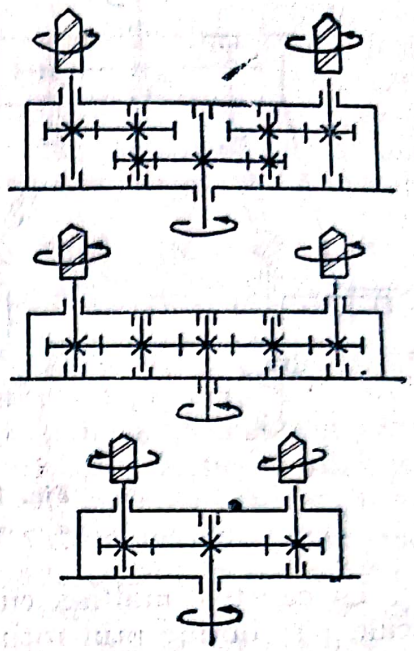


Fig. 13.13. Capete multiax fixe cu roţi dinţate.

În variantele cele mai simple, capetele multiax servesc la prelucrarea simultană a unor găuri identice, simetrice faţă de axa capului. În acest caz toate sculele vor avea aceeaşi turaţie, iar angrenajele prin care se transmite mişcarea la arborii portscule sînt aceleaşi pentru toţi arborii. Dacă găurile de prelucrat au diametre diferite şi amplasarea lor nu este simetrică, construcţia capetelor multiax este mai complicată, fiind necesară asigurarea poziţiei fiecărei axe, precum şi a unor turaţii diferite pentru fiecare arbore portsculă. De asemenea trebuie să se ţină seama de sensul de rotaţie a sculelor. Pentru satisfacerea acestor condiţii este necesară plasarea angrenajelor în mai multe planuri, introducerea unor roţi intermediare şi corijarea danturilor.

Dacă distanţele între axele găurilor sînt mici, pot fi utilizate capetele multiax cu excentric (fig. 13.14). Mişcarea este preluată de la capul de forţă prin arborele *1* prevăzut cu o manivelă, care intră în placa de antrenare *2*, susţinută de o a doua manivelă *3* avînd aceeaşi rază. Arborii portscule au manivele similare, prin care sînt puşi în mişcare de rotaţie de către placa de antrenare. Turaţiile arborilor portscule *4* sînt identice. Cu ajutorul unor asemenea capete multiax pot fi prelucrate simultan un număr mare de găuri, avînd distanţe axiale mici. Dacă sînt bine echilibrate, capetele multiax cu excentric pot lucra la turaţii înalte fără zgomot.

Capetele multiax reglabile sau universale permit să se regleze distanţele între arborii portsculă, ceea ce face posibilă utilizarea lor pentru prelucrarea de piese diferite. Cele mai răspîndite tipuri de capete multiax universale sînt cele cu axe cardanice şi cele cu roţi dinţate şi braţe turnante (fig. 13.15, *a* şi *b*).

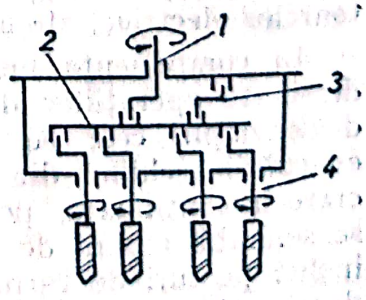


Fig. 13.14. Cap multiax fix cu mecanism excentric.

La capetele cu axe cardanice, arborii portsculă *1* sînt susţinuţi de suporţii *2* care se pot deplasa în direcţie radială şi se pot muta în planul de reazem inferior al corpului *3* al capului multiax. Legăturile telescopice *4* compensează diferenţele de distanţe între articulaţiile axelor cardanice *5*.

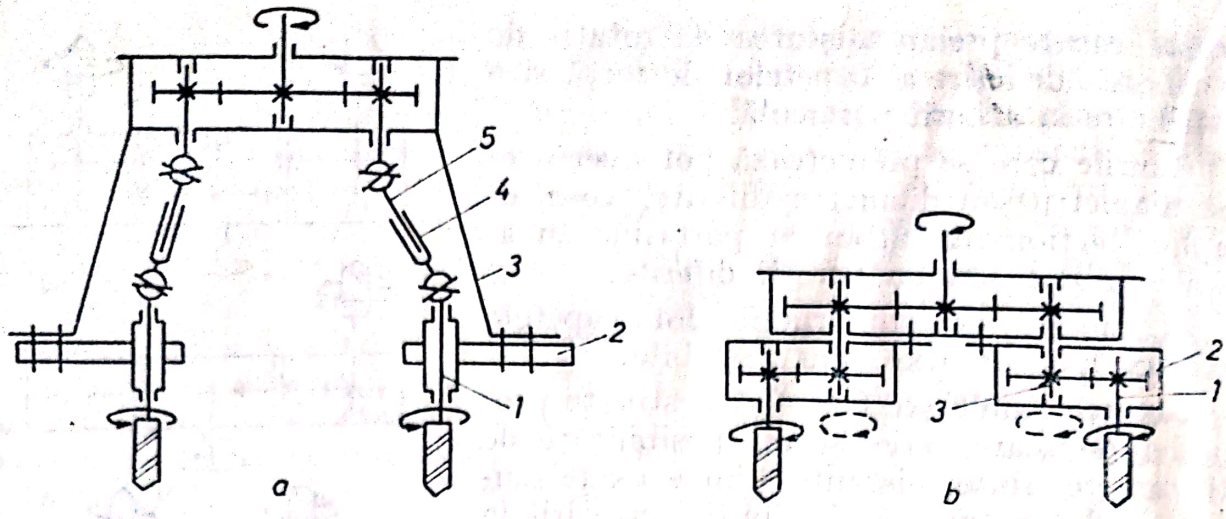


Fig. 13.15. Capete multiax reglabile:
a — cu axe cardanice; *b* — cu braţe turnante.

La capetele multiax cu braţe turnante reglarea poziţiei arborilor portscule *1* se obţine prin rotirea braţelor *2* în jurul arborilor *3* şi fixarea lor în poziţiile corespunzătoare găurilor de prelucrat. Gradul de universalitate al acestui tip de capete multiax este mai redus decît al celor cu axe cardanice. Ele se utilizează în special pentru prelucrarea de piese avînd găuri plasate simetric, rotirea braţelor făcînd posibilă modificarea diametrului cercului pe care se află axele găurilor.

Capetele multiax reglabile se utilizează şi în cazurile în care seria producţiei nu este foarte mare.

Prin folosirea capetelor multiaxe la maşinile-unelte agregate se asigură nu numai o productivitate superioară, prin suprapunerea timpilor de bază, ci şi o precizie mai mare a distanţelor între axe.

13.2. LINII AUTOMATE

Liniile automate sînt constituite dintr-o serie de maşini-unelte agregate (în situaţii mai rare din maşini universale sau specializate), dispuse în ordinea impusă de procesul tehnologic, legate între ele printr-un sistem de transfer al piesei şi comandate printr-un sistem de comandă şi control unic.

Ele sînt utilizate în producţia de serie mare şi de masă, la prelucrarea pieselor complexe, care necesită un număr mare de operaţii: blocul motoarelor cu ardere internă ale autovehiculelor, chiulasa motoarelor, carcasa diferenţialelor, precum şi la prelucrarea pieselor componente ale motoarelor electrice, ale unor produse de larg consum etc.

În componenţa liniilor automate intră, în afara posturilor de lucru destinate operaţiilor de prelucrare prin aşchiere, diferite alte posturi, ca de exemplu cele de control intermediar, posturi de curăţire, destinate evacuării aşchiilor din interiorul unor alezaje care urmează să fie prelucrate în continuare, posturi de repoziţionare în care piesa se roteşte sau se schimbă modul de prindere ş.a. În unele cazuri în linia automată se includ posturi de turnare, posturi de tratament termic sau chiar posturi de asamblare, de conservare şi de ambalare (de exemplu la fabricarea rulmenţilor).

Scanned with OKEN Scanner

Productivitatea unei linii automate este determinată în primul rînd de tactul liniei, adică de timpul între prelucrarea a două piese. Tactul liniei depinde de durata celei mai lungi operații; dacă timpul necesar acestei operații este mult mai mare decît cel în care se efectuează celelalte operații se recomandă segmentarea celei mai lungi dintre operații, astfel încît aceasta să se execute pe două posturi de lucru. Se obține astfel o reducere a tactului liniei automate.

Strînsa interdependență între componentele liniei automate, pierderile mari care se înregistrează în cazul unor stagnări accidentale impun o perfectă funcționare a liniei în ansamblul său.

Tendința de constituire a unor linii automate de mare complexitate, cu zeci de posturi de lucru, care să permită completa prelucrare a pieselor se dovedește a fi în majoritatea cazurilor nerațională tocmai din cauza siguranței scăzute în funcționare a unei asemenea linii. Ruperea unui burghiu, defectarea unui releu sau a unui contactor, arderea unei siguranțe impune imediata oprire a liniei; în caz contrar o astfel de defecțiune poate produce importante stricăciuni și rebutarea unui număr mare de piese. Probabilitatea apariției unor defecțiuni fiind cu atît mai mare cu cît linia automată este mai lungă și de complexitate mai ridicată, se preferă descompunerea liniilor de prelucrare în două sau mai multe sectoare cu funcționare independentă, între care se introduc depozite intermediare. În felul acesta, la defectarea unui sector al liniei, sectorul următor poate să lucreze în continuare folosind piesele din depozitul intermediar.

Transportul pieselor între posturile liniei automate se realizează prin lanțuri speciale sau prin mecanisme care asigură o mișcare intermitentă cu o sursă bine determinată. În dreptul posturilor de lucru piesele sînt preluate de dispozitivele de orientare și fixare.

Piesele de dimensiuni mari și care prezintă baze de așezare corespunzătoare sînt transportate liber, fără a fi așezate în dispozitive; piesele mai mici sau care nu au suprafețe care să permită o bună așezare se transportă fixate în dispozitive. Pentru revenirea dispozitivelor în postul de încărcare, după scoaterea pieselor prelucrate, se prevăd linii de transport auxiliare.

În vederea controlului operațiilor efectuate, linia automată include și posturi de control automat. Asemenea posturi se intercalează în special după operații de burghiere, dacă alezajele urmează să fie prelucrate în continuare prin filetare cu tarodul, prin alezare etc. Posturile de control sînt prevăzute cu sisteme de semnalizare optică sau acustică care intră în funcțiune la apariția unor abateri dimensionale sau de formă, ruperi de scule etc.

Înlocuirea periodică a sculelor la intervale bine stabilite are o largă răspîndire în exploatarea liniilor automate, deși nu constituie totdeauna o soluție economică. Varietatea mare a sculelor utilizate în cadrul unei linii automate, diferențele mari între durabilitățile acestor scule face ca înlocuirea tuturor sculelor sau a unui grup de scule să se efectueze avînd în vedere scula cu durabilitatea minimă. În acest mod se înlocuiesc și scule ale căror muchii așchietoare nu sînt complet uzate. Se micșorează în schimb riscul unor întreruperi accidentale a funcționării liniei din cauza ruperii sculelor.

Pentru scurtarea timpului de stagnare a liniei se folosesc scule prereglate. În unele cazuri înlocuirea sculelor se realizează fără oprirea liniei automate; este suficient să se lase unul sau mai multe locuri goale pe linia transportoare și să se efectueze schimbarea atunci cînd locurile goale ajung

Scanned with OKEN Scanner

în dreptul posturilor de lucru la care se înlocuiesc sculele. Evident că în timpul înlocuirii se întrerupe alimentarea unității de lucru la care se intervine, astfel încît mișcările acesteia sînt oprite.

Liniile automate mai perfecționate sînt prevăzute cu sisteme de sesizare și de semnalizare a uzurii periculoase a sculelor, sisteme bazate fie pe numărarea ciclurilor de lucru, fie pe măsurarea forțelor sau a momentelor de așchiere. La alte construcții reascuțirea și repoziționarea sculelor este inclusă în ciclul de funcționare a liniei.

Cantitatea de așchii care se îndepărtează pe o linie automată fiind foarte mare, în construcția liniei se prevăd sisteme de evacuare. Așchiile sînt colectate în jgheaburi și sînt transportate de benzi sau mecanisme elicoidale pînă la capătul liniei de unde sînt evacuate periodic cu ajutorul unor conteinere.

Pentru a se asigura o bună funcționare a liniilor automate se cere o permanentă și deosebit de îngrijită întreținere. În secțiile dotate cu linii automate există echipe de intervenție rapidă formate din muncitori de înaltă calificare care acționează operativ în cazul unor întreruperi accidentale în funcționarea liniei.

14

PROTECȚIA MAȘINII-UNELTE ȘI A OPERATORULUI UMAN

Exploatarea în condiții optime a mașinilor-unelte depinde în mare măsură de soluțiile adoptate prin construcție în scopul prevenirii avariilor produse prin manevre greșite și datorate neatenției sau insuficientei pregătiri a operatorului, prin suprasolicitări accidentale, prin uzura prematură și excesivă a unor organe etc.

Prin construcția mașinii-unelte trebuie de asemenea să se evite suprasolicitarea fizică și nervoasă a operatorului și să se prevină accidentarea sa în timpul lucrului.

14.1. PROTECȚIA MAȘINII-UNELTE

Prevenirea distrugerii unor elemente ale mașinilor-unelte și a uzurii lor excesive se realizează prin dispozitive de protecție și de siguranță și prin respectarea măsurilor de întreținere menite să păstreze timp cît mai îndelungat caracteristicile tehnico-economice ale utilajului.

Suprasolicitarea organelor componente, în special a celor de transmitere a mișcării, constituie principala sursă de avarii. Pentru evitarea suprasolicitărilor, mașinile-unelte vor fi utilizate numai potrivit scopului pentru care au fost construite. Apariția unor forțe sau momente superioare celor admise duce la distrugerea elementului cel mai slab al lanțului cinematic sau, în cazul cel mai favorabil, la decuplarea, prin intervenția releului termic, a motorului electric de acționare.

Apariția unor solicitări care depășesc limitele admise se datorează în unele cazuri imperfectei cunoașteri a deservirii mașinii. Utilizarea de regimuri de așchiere deosebit de intensive sau intervențiile prin comenzi in-

Scanned with OKEN Scanner

compatibile pot duce, în situaţia în care maşina nu este prevăzută cu elemente de siguranţă sau de interblocare, la ruperea unor organe componente ale lanţurilor cinematice şi la scoaterea din funcţiune a utilajului.

Cele mai simple elemente de siguranţă sînt ştifturile şi penele de forfecare care se distrug la apariţia unor solicitări periculoase, protejînd astfel organele mai importante ale maşinii-unelte. Se preferă, însă, utilizarea unor asemenea elemente de siguranţă, care să permită restabilirea rapidă, automată sau la comandă a transmisiei atunci cînd solicitarea revine la valori inferioare celor admise. Asemenea elemente sînt cuplajele cu gheare sau cu fricţiune, releele termice din circuitele de alimentare ale motoarelor electrice, releele de presiune din circuitele hidrostatice etc.

În ceea ce priveşte comenzile incompatibile, pentru evitarea completă a posibilităţii apariţiei lor este necesar să se intervină încă de la proiectarea sistemelor de comandă şi de deservire ale maşinii unelte. Între comenzile incompatibile pot fi date ca exemple transmiterea simultană a mişcării la căruciorul unui strung prin şurubul conducător şi prin arborele avansurilor, transmiterea simultană a mişcării de avans rapid şi a unui avans de lucru la aceeaşi sanie, transmiterea simultană a două turaţii diferite la acelaşi arbore etc.

La sistemele de comandă mecanice, eliminarea posibilităţii de cuplare simultană a unor mişcării incompatibile se obţine fie prin comanda ambelor mişcări de la acelaşi element de comandă (manetă, pîrghie etc.) cu poziţii distincte pentru cuplarea fiecăreia din mişcări, fie prin interblocarea elementelor care comandă aceste mişcări.

Dacă mişcările incompatibile se realizează la închiderea unor circuite electrice, butoanele de comandă vor fi fără reţinere, prevăzîndu-se cîte un circuit de comandă pentru fiecare mişcare astfel încît să se realizeze negarea logică a celorlalte mişcări. Pentru eliminarea comenzilor false în cazul acţionării simultane a două butoane care comandă mişcări incompatibile, în circuitele de comandă se introduc relee de temporizare cu temporizări diferite, ceea ce face ca mişcările să se cupleze succesiv, una dintre mişcări decuplîndu-se înainte de cuplarea celeilalte. Comenzile false accidentale, date din greşeală, prin atingere pot fi evitate prin utilizarea de butoane plate şi ascunse şi prin plasarea lor în zone ale maşinii în care probabilitatea contactării lor din greşeală să fie redusă.

Deosebit de periculoase prin caracterul lor imprevizibil şi necontrolabil sînt comenzile false cauzate de defecţiuni ale sistemului de comandă. La apariţia unor asemenea comenzi, muncitorul trebuie să acţioneze cît mai rapid asupra butonului de avarii şi să nu mai pornească maşina pînă după depanarea sistemului de comandă.

Elementele componente ale maşinilor-unelte care sînt cel mai frecvent supuse distrugerii prin avarii sînt ghidajele, lagărele, roţile dinţate, arborii şi penele lor, şuruburile conducătoare şi piuliţele de acţionare a săniilor etc.

Ghidajele se pot distruge accidental, prin lovire cu corpuri dure sau sub acţiunea aşchiilor, a granulelor abrazive şi a prafului. Lovirea ghidajelor, mai ales la maşinile-unelte mijlocii, la care piesele pot fi ridicate cu braţele numai cu dificultate, poate fi evitată prin dotarea maşinii cu dispozitive de ridicare proprii. Pentru prevenirea pătrunderii aşchiilor, a granulelor abrazive sau a prafului, ghidajele vor fi protejate în toate cazurile în care acest lucru este posibil, cu apărătoare de protecţie telescopice sau de tip burduf.

Scanned with OKEN Scanner

Lagărele se protejează prin elemente de etanşare, prin care se împiedică pătrunderea aşchiilor şi a prafului şi se evită scurgerea lubrifiantului.

Cauza principală a distrugerii săniilor, a şuruburilor conducătoare şi a piuliţelor acestora este depăşirea domeniului de lucru şi, prin aceasta, coliziunea saniei cu alte părţi ale maşinii sau forţarea piuliţei şi deformarea şurubului conducător la atingerea limitelor cursei. Acest gen de avarii se evită prin delimitarea domeniilor de deplasare ale componentelor mobile cu ajutorul microîntrerupătoarelor de cap de cursă prin care se comandă oprirea automată a mişcării respective.

Diminuarea uzurii organelor în mişcare ale maşinilor-unelte se obţine prin asigurarea unei ungeri corespunzătoare. La maşinile de înaltă precizie se impune asigurarea unei viscozităţi, deci a unei temperaturi a uleiului între limite bine stabilite. Sistemele hidrostatice destinate acţionării, comenzii şi lubrifierii unor asemenea maşini sînt prevăzute cu aparatură de termostatizare prin care se cuplează un circuit de încălzire (de obicei electric) pînă la depăşirea limitei inferioare de temperatură a uleiului sau un circuit de răcire (cu apă sau prin ventilaţie) la depăşirea limitei superioare. Dacă temperatura se plasează în afara acestor limite, maşina nu poate fi pornită sau este decuplată automat. Sistemele de ungere pot fi prevăzute şi cu relee de presiune prin care se condiţionează, de exemplu, pornirea mişcării de rotaţie a unui arbore principal de nivelul presiunii lubrifiantului în lagărele cu ungere hidrostatică ale acestuia.

O problemă deosebită o constituie protecţia maşinilor-unelte, în special a acelora de mare precizie, faţă de vibraţiile transmise din surse exterioare. Montarea maşinilor pe tampoane amortizoare sau, la maşinile uşoare, pe covoare de cauciuc asigură în bună măsură izolarea lor împotriva vibraţiilor. La maşinile-unelte la care se prevede montarea pe fundaţii, prescripţiile de construcţie ale acestora vor fi riguros respectate. Se mai recomandă ca maşinile de precizie să nu fie amplasate în vecinătatea unor maşini-unelte grele sau avînd mişcări de lucru rectilinii-alternative, pentru ca vibraţiile şi şocurile produse de acestea din urmă să nu afecteze precizia celorlalte.

14.2. PROTECŢIA OPERATORULUI UMAN

Protecţia muncitorului de la maşina-unealtă este reglementată prin legi şi normative.

Maşinile-unelte moderne de înaltă productivitate produc cantităţi mari de aşchii care sînt aruncate, datorită vitezelor ridicate de aşchiere, în afara spaţiului de lucru. Dispozitivele de protecţie utilizate pentru a se elimina pericolul de accidentare a muncitorului prin aşchiile desprinse sînt de o mare varietate, în funcţie de tipul maşinii. Ele trebuie să asigure condiţii de deplină securitate, dar să nu împiedice buna supraveghere a a zonei de lucru.

La maşinile-unelte automate sau semiautomate de mare productivitate spaţiul de lucru poate fi complet închis prin apărători de protecţie de construcţie fixă, rabatabilă sau glisantă, prevăzute cu geamuri incasabile. Microcontactele acţionate de apărătorile mobile nu permit pornirea maşinii cînd acestea sînt deschise şi decuplează maşina la deschiderea apărătorilor în timpul mersului.

Scanned with OKEN Scanner

Muncitorul de la mașinile-unelte universale are datoria de a purta ochelari pentru protecția ochilor împotriva așchiilor și a granulelor abrazive și de a folosi ecranele de protecție.

Apărătorile trebuie să împiedice de asemenea introducerea mîinilor și a brațelor în zona de lucru sau în apropierea pieselor în mișcare de rotație.

O deosebită atenție se cere acordată evitării accidentelor produse prin desprinderea pieselor. Sistemele de strîngere trebuie să asigure, cu eforturi normale, o bună fixare a pieselor și a altor elemente în mișcare. Dispozitivele de prindere hidraulice, pneumatice sau electromagnetice vor fi astfel concepute și conectate la sistemele de comandă, încît să fie complet eliminat pericolul de desprindere a piesei la o scădere accidentală a presiunii sau a tensiunii de alimentare.

Pericolul de accidentare prin electrocutare se evită asigurînd protecția prin legare la pămînt a mașinii-unelte, precum și prin protecția împotriva atingerilor accidentale a elementelor circuitelor electrice. Circuitele de comandă și iluminatul local se alimentează la tensiune joasă (24 V). Dulapurile de comandă vor fi încuiate, iar accesul la ele precum și intervențiile la echipamentul electric va fi admis numai personalului de specialitate.

La cele de mai sus se adaugă preocuparea permanentă, reglementată prin normative, de însușire de către operator a normelor cu caracter general de tehnica securității muncii și a celor specifice mașinii-unelte deservite. Instructajele periodice obligatorii, afișarea lîngă fiecare mașină-unealtă a normelor de protecție, propaganda prin mijloace vizuale au o deosebită importanță în reducerea sau eliminarea completă a accidentelor de muncă. Efecte favorabile în acest sens se obțin prin urmărirea permanentă a respectării normelor de securitate, prin sancționarea în cazul abaterilor de la aceste norme și, în general, prin instituirea unui climat de disciplină în muncă. Măsuri organizatorice ca delimitarea spațiilor din jurul mașinilor-unelte, a spațiilor de depozitare, a drumurilor și căilor de acces duc de asemenea la evitarea accidentărilor.

În cadrul preocupărilor de protejare a operatorului uman, un loc important îl ocupă acelea care vizează reducerea efortului fizic și a gradului de concentrare a muncitorului în timpul lucrului.

În cea mai mare parte a lor, aspectele privid reducerea gradului de solicitare a muncitorului se soluționează prin construcția mașinii-unelte. Poziția operatorului trebuie să fie cît mai puțin obositoare, manetele, pîrghiile, butoanele de comandă să fie astfel amplasate încît să poată fi manevrate cu ușurință și fără a necesita deplasarea din poziția din care zona de lucru poate fi urmărită. La mașinile-unelte mari, la care zona de lucru se poate plasa într-un spațiu larg, principalele comenzi se amplasează pe panouri suspendate mobile. Pentru a se evita confuziile, elementele de comandă vor fi marcate cu inscripții și simboluri clare și sugestive. La manetele de comandă a deplasărilor, sensul de manevrare a manetei trebuie să coincidă cu sensul de deplasare a elementului comandat.

Dacă mașina este prevăzută cu aparate de măsură sau de semnalizare, acestea vor fi astfel amplasate incît să poată fi ținute în permanență sub observație.

În cazul producției de serie mare, îndelungată repetare a mișcărilor, comenzilor etc. conduce la apariția rapidă a oboselii, la scăderea atenției, la formarea unor automatisme. Deși schimbarea periodică a locului de muncă poate reduce aceste efecte, se recomandă ca în asemenea cazuri

Scanned with OKEN Scanner

eforturile să se îndrepte către automatizarea parţială sau totală a maşinilor.

Măsuri de automatizare pot fi luate şi la unele operaţii care solicită operatorul la eforturi intelectuale. Astfel, de exemplu, introducerea controlului activ a dimensiunii pieselor elimină măsurătorile intermediare pe care trebuie să le efectueze muncitorul, copararea rezultatelor acestor măsurători cu cota prescrisă etc. asigurînd o precizie ridicată şi o productivitate înaltă în condiţiile unei concentrări nervoase şi chiar a unei calificări mai reduse a muncitorului.

Alte măsuri specifice pot fi luate pe baza unor studii ergonomice şi de psihologia muncii, studii tot mai puternic implementate în industria constructoare de maşini.

Scanned with OKEN Scanner

BIBLIOGRAFIE

1. Albu, A., ş.a. *Programarea asistată de calculator a maşinilor-unelte.* Bucureşti, Editura tehnică, 1980.
2. Albu, A. *Maşini-unelte.* Cluj, Atelierul de multiplicare I.P., 1969.
3. Albu, A., ş.a. *Maşini-unelte şi agregate. Acţionare şi exploatare. Lucrări de laborator.* Cluj-Napoca, Atelierul de multiplicare I.P., 1980.
4. Backe, W. *Grundlagen der Olhydraulik.* RWTH. Aachen, 1972.
5. Baştiurea, Gh., ş.a. *Comanda numerică a maşinilor-unelte.* Bucureşti, Editura tehnică, 1976.
6. Boangiu, Gh., ş.a. *Maşini-unelte şi agregate.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1979.
7. Boncoi, Gh., *Conducerea numerică a maşinilor-unelte.* Braşov, Litografia Univ. Braşov, 1975.
8. Botez, E., *Maşini-unelte, vol. I.* Bucureşti, Editura tehnică, 1977.
9. Botez, E., ş.a. *Maşini-unelte, vol. II.* Bucureşti, Editura tehnică, 1978.
10. Botez, E., *Bazele generării suprafeţelor pe maşini-unelte.* Bucureşti, Editura tehnică, 1966.
11. Botez, E., *Maşini-unelte, vol. II. Automatica.* Bucureşti, Editura tehnică, 1972.
12. Botez, E., Dorin, Al. *Tehnologia progamării numerice a maşinilor-unelte.* Bucureşti, Editura tehnică, 1973.
13. Buger, R. N. ş.a. *Software. Contributes flexibility and reliability.* In: „Machinery" Nr. 11, 1972.
14. Childs, I. I. *Numerical Control Part Programming.* New-York, Industrial Press Inc., 1973.
15. Cordon, M., *La commande numerique pour tous,* In Machine — Outil Nr. 185—191, 1972.
16. Davies, B., ş.a. *NELIMITRA Technological Forecast for the Computer Control Machine-tools.* In: The 15th Inter. Machine-Tool Design and Research Conference, Birmingham, 1974.
17. Deacu, L., Morar, L., *Exploatarea maşinilor-unelte,* Cluj-Napoca, Atelierul de multiplicare, Institutul politehnic, 1975.
18. Deacu, L., Pop, I., *Hidraulica maşinilor-unelte,* Cluj-Napoca, Atelierul de multiplicare Institutul politehnic, 1981.
19. Fedotenok, A. A., *Kinematiceskie sviazi v metallorejuscih stancov.* Moscova, Maşghiz, 1960.
20. Gheghea, I., ş.a. *Exploatarea şi întreţinerea maşinilor-unelte cu comandă după program.* Bucureşti, Editura tehnică, 1981.
21. Gieseke, E., *Adaptive Control Constraint and Automatic cut Distribution System for Turning Operation.* In The 15th Inter. Machine-Tool Desing and Research. Birmingham, 1974.

Scanned with OKEN Scanner

22. Lascol, O. D., ș.a. *Machine-Shop.* Chicago, American Technical Society, 1974.
23. Manoliu, R., ș.a. *Mașini agregate și linii automate.* București, Editura tehnică, 1965.
24. Merchant, M. E., *Delphi-type forecost of the future production engineering.* In CIRP, Annual 20, 1971.
25. Meyer, J., *Comande Adaptive SINUMERIK pour le machines-outils, USINE automation + CN,* 1971.
26. Morar, L., *Contribuții privind folosirea sistemelor automate de comandă adaptivă la mașinile de rectificat.* Cluj-Napoca, Teză de doctorat, Institutul politehnic, 1980.
27. Moraru, V., Catrina, D., Minciu, C., *Centre de prelucrare.* București, Editura tehnică, 1981.
28. Moraru, V. ș.a. *Exploatarea mașinilor-unelte.* București, Atelierul de multiplicare Istitutul politehnic, 1978.
29. Opitz, H., *Auslegung und Nutzung rechnergesterverter Fertigungs einrichtungen,* Essen, VDI. Girardot, 1971.
30. Oprean, A., ș.a. *Sistemele hidrostatice ale mașinilor-unelte și preselor.* București, Editura tehnică, 1965.
31. Oprean, A., *Hidraulica mașinilor-unelte.* București, Editura didactică și pedagogică, 1968.
32. Oprean A., ș.a. *Acționări hidraulice.* București, Editura tehnică, 1976.
33. Simon, W., *Conducerea numerică a mașinilor-unelte.* București, Editura tehnică, 1967, traducere din lb. germană.
34. Stănescu, I., Tache, V., *Proiectarea și construcția dispozitivelor.* București, Editura didactică și pedagogică, 1964.
35. Tabăra, V., ș.a. *Acționarea electrică a mașinilor-unelte.* Editura didactică și pedagogică, București, 1980.
36. Vaida, Al., ș.a. *Mașini-unelte.* București, Editura didactică și pedagogică, 1970.
37. Vaida, Al. ș.a. *Proiectarea mașinilor-unelte.* București, Editura didactică și pedagogică, 1980.
38. Velicu, S., *Exploatarea mașinilor-unelte,* Brașov, Atelierul de multiplicare Universitatea, 1975.
39. Weck, M., *Automatisierung und steuerungstechnik.* Bd. 3, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1978.
40. Zetu, D., *Mașini-unelte automate.* București, Editura didactică și pedagogică, 1976.
41. * * * *N C Handbook, Bendit Industrial Controls Division.* Detroit, Michigan, USA, 1971.
42. * * * *Strungul frontor SF-280, cartea mașinii.*
43. * * * *Numerom 310, manual de prezentare.*
44. * * * *Numerom 321, manual de programare.*
45. * * * *Numerom 331, manual de programare.*
46. * * * *Sinumerik 520 K, manual de programare.*
47. * * * *General Electric 550 MBD, manual de programare.*
48. * * * *Sinumerik 7M, manual de programare.*

Coli de tipar: 23. Format: 16/70×100
Bun de tipar: 20.08.1983. Ediția:1983
Nr. plan: 9246

Intreprinderea Poligrafică Cluj
B-dul Lenin Nr. 146
Municipiul Cluj-Napoca
Republica Socialistă România
Comanda Nr. 127

Scanned with OKEN Scanner